

Univerzita Karlova v Praze  
Přírodovědecká fakulta  
katedra fyzické geografie a geoekologie



# **VYUŽITÍ DENDROCHRONOLOGICKÝCH METOD PŘI SLEDOVÁNÍ EROZNÍCH A AKUMULAČNÍCH JEVŮ**

(Bakalářská práce)

Školitel: RNDr. Zdeněk Kliment, CSc.

Michala KŘEČKOVÁ

Praha 2006

037.739

Dopis

Den den zde vložil mého  
a kromě toho jsem

Prohlašuji tímto, že jsem zadanou bakalářskou práci vypracovala samostatně pod vedením RNDr. Zdeňka Klimenta, CSc. a uvedla v seznamu literatury veškerou použitou literaturu a další zdroje.

V Praze dne 14. května 2006

Nicola Kříčková

## **Abstract**

Dendrochronologic methods have had wide use in dating occurrence and determining rates of both hillslope and fluvial geomorphic events and processes. These methods are a valuable tool in quantifying some erosion processes and sites of sediment storage in forested areas. Dendrogeomorphic analysis employs both dendrochronologic and geomorphic methodologies. This analysis involve the coring or cross sectioning of trees affected by some geomorphic process. Trees reflect geomorphic processes in variety ways. For example, exposed tree roots are direct evidence of slope degradation and retreat, buried stems are the principal form of botanical evidence from which to estimate sedimentation rates. Initial roots grow just below the ground surface and eventually form the major root trunks that radiate from the germination point. The basal flare, or root collar, and initial root zone are thus a distinctive marker of the origin ground surface at the time of germination. Tree ring and geomorphic analysis indicate that mean sedimentation rates is significantly related to site elevation topographic position, land use, distance from river and tree species distribution. This paper called „The use of dendrochronological methods by observing of erosive and storage phenomena“ describes the recovery of stable bank form and development of vegetated depositional surfaces along the banks of channelized streams, too. Ten trees were examined for depth of sediment accretion and cored for age determination. Mean rates of depositional at ten study trees range from 4,2 to 6,1 mm . year<sup>-1</sup>. Average sedimentation rate in this locality is 5,5 mm . year<sup>-1</sup>.

# **Obsah**

## **1 Úvod**

1.1 Cíle práce .....	7
1.2 Základní pojmy .....	8
1.3 Postavení dendrochronologie mezi ostatními disciplínami .....	11

## **2 Metodologie práce**

2.1 Princip odběru vzorků sondou .....	13
2.2 Limity pro datování dřev .....	15
2.3 Dendrochronologické standardy .....	15
2.4 Záznamy na vegetaci .....	17
2.4.1 <i>Stopy eroze na vegetaci</i> .....	30
2.4.2 <i>Stopy akumulace na vegetaci</i> .....	33
2.5 Vývoj říčního koryta .....	37

## **3 Aplikace metod na vybrané území**

3.1 Charakteristika území .....	40
3.2 Labe a jeho nejbližší okolí .....	46
3.3 Aplikace dendrochronologických metod na vybrané území .....	49

## **4 Závěr .....** 54

## **5 Seznam použité literatury**

5.1 Knihy a časopisy .....	55
5.2 Internetové zdroje .....	58
5.3 Mapové podklady .....	59

## **Seznam grafických prvků v textu**

### **Seznam obrázků**

- Obr. 1: Anatomická stavba dřeva.
- Obr. 2: Naznačení ročních přírůstků letokruhů na rostoucím kmenu.
- Obr. 3: Vztah dendrochronologie k ostatním disciplínám.
- Obr. 4: Presslerův nebozez a extraktor.
- Obr. 5: Odhadnutí směru a vzdálenosti centrálního letokruhu kmene.
- Obr. 6: Držení vrtáku před zaříznutím šroubovité části břitu a při samovolném vnikání do kmene.
- Obr. 7: Korazní jizva.
- Obr. 8: Postup zarůstání jizvy.
- Obr. 9: Stavba letokruhů ovlivněných povodní.
- Obr. 10: Koncový bílý letokruh v přírůstku dřeva z roku 1942.
- Obr. 11: Excentrické letokruhy.
- Obr. 12: Pučení z kmene v důsledku naklonění stromu.
- Obr. 13: Několikanásobné pučení v důsledku naklonění kmene, Velká Vala, Nymburk.
- Obr. 14: Rozdělení základny.
- Obr. 15: Průřez kamenným polem vzniklým na svahu.
- Obr. 16: Typy botanické evidence na sesuvně aktivním svahu.
- Obr. 17: Kmen rostoucí do šroubovice, Velká Vala, Nymburk.
- Obr. 18: Schematické znázornění odkrytých kořenů stromu rostoucího na svahu a naznačení hodnot  $y$  a  $b$  potřebných k výpočtu míry degradace svahu.
- Obr. 19: Zjednodušené schéma pohřbeného kmene.
- Obr. 20: Epizodické zanášení stromu sedimenty.
- Obr. 21: Šestifázový model vývoje koryta a charakteristické znaky vegetace.
- Obr. 22: Vytyčení zájmového území.
- Obr. 23: Geologická mapa „1314 – Nymburk“ (výřez).
- Obr. 24: Geologická mapa zájmového území. Detail z geologické mapy „1314 – Nymburk“.
- Obr. 25: Legenda ke geologické mapě "1314 - Nymburk".
- Obr. 26: Půdy oblasti Nymburska až Poděbradska.
- Obr. 27: Schéma rozložení společenstev podél řek, jejich závislost na hladině půdní vody a občasných záplavách.
- Obr. 28: Vodní stav na profilu č. 0800 „Nymburk“ při jarních povodních 2006.
- Obr. 29: Letecký pohled na zaplavenou oblast Polabce.
- Obr. 30: Polabec měsíc po povodni.
- Obr. 31: Polabec 5 týdnů po povodni.
- Obr. 32: Poloha některých zkoumaných stromů.
- Obr. 33: Mocnost sedimentů u různě starých stromů.

## **Seznam tabulek**

- Tab. 1: Dendrochronologické standardy pro Česko.  
Tab. 2: Vybrané stromy, se kterými je možné se setkat v našich podmírkách a hodnota jejich CDI.  
Tab. 3: N-leté průtoky na profilu č. 0800 „Nymburk“.  
Tab. 4: Zjištěné hodnoty pro výpočet míry sedimentace u deseti zkoumaných stromů.

# **1 Úvod**

## **1.1 Cíle práce**

V bakalářské práci „Využití dendrochronologických metod při sledování erozních a akumulačních jevů“ se pokusím vysvětlit základní principy využití dendrochronologie a možnosti jejich aplikace (převážně jako pomocných a doplňkových metod) při geomorfologickém či hydrologickém výzkumu (pro tuto vědu se užívá častěji termín dendrogeomorfologie).

Cílem bude provést rešerši literatury a to převážně zahraniční – americké. V Česku je metoda zatím málo používaná a proto není o dendrogeomorfologii dostatek materiálů k dispozici. Výzkum je u nás zaměřen především na podobor dendrochronologie - dendroarcheologii.

V práci jsou naznačeny základní typy botanické evidence v oblastech ovlivňovaných geomorfologickými procesy, jako jsou například eroze svahů, sesuvy či povodně, a s nimi spojené změny v krajině. Dále je vysvětlen princip odebírání vzorků dřeva ze stromů a jejich interpretace. Veškeré pozorování je pouze optické (max. s použitím lupy) a ne laboratorní, kde se k podrobnější analýze využívá mikroskopické techniky.

Základní dendrogeomorfologické metody jsou aplikovány na území údolní nivy Labe v části města Poděbrady Polabec – nedaleko stejnojmenné obce (bývalý okres Nymburk, dnes území obce s rozšířenou působností Poděbrady). Podrobnější charakteristikou této oblasti se zabývá kapitola 3.1.

S využitím dendrochronologických metod se budu snažit o určení míry sedimentace v záplavovém území. V průběhu života stromů ovlivňovaných povodněmi dochází k epizodickému zanášení jejich základen sedimenty (u břežní vegetace zpravidla v důsledku povodní) a to je základní typ dendrogeomorfologické evidence, jíž bude v této práci využito.

## 1.2 Základní pojmy

**dendrochronologie** – v širším smyslu: věda o datování letokruhů. Zahrnuje výzkum informací obsažených ve struktuře datovaných letokruhů a jejich aplikaci na environmentální a historické otázky. V užším smyslu: podobor dendrochronologie, který užívá letokruhy stromů k datování dřevěných materiálů, například dendroarcheologie. (Kaennel M., Schweingruber F. H., 1995). V časopise ABC (1996) je dendrochronologie charakterizována jako nauka o čase zaznamenaném v kmenech stromů.

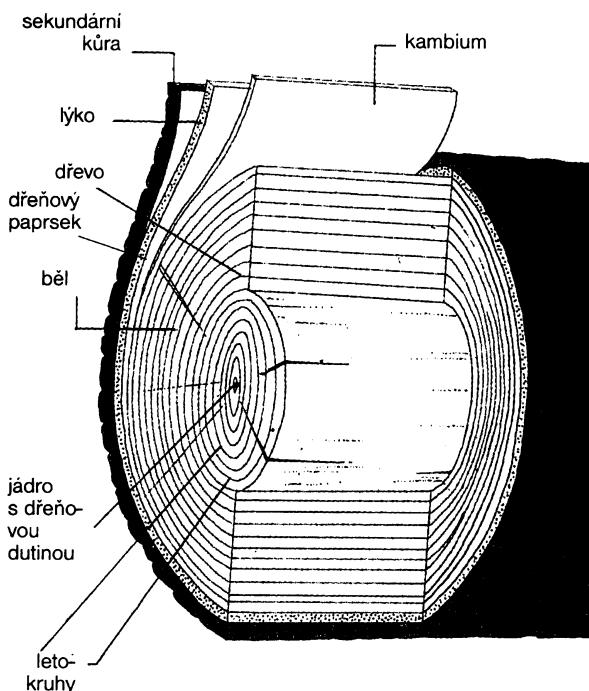
**dendrogeomorfologie** – podobor dendroekologie, který zpracovává datování letokruhů ke studiu a datování geomorfologických procesů, jako jsou sesuvy skal, pohyby skal, půdotoky, sedimentace plavenin, svahových a eolických materiálů.

**borka** - husté pletivo (zbytky odumřelých pletiv) oddělující vnitřní části kmene od okolního prostředí (Daňhelka J., 1999), izoluje a ochraňuje strom před negativními vlivy jeho okolí.

**floém** - lýková část vodivého pletiva, která rozvádí rozpuštěné organické látky z listů po celém rostlinném organismu <<http://www.sci.muni.cz>>. Produkce organických látek je u stromů soustředěná v listech, ale místem spotřeby jsou také až kořeny. K jejich transportu do místa určení slouží právě cévní svazky v lýkové části kmene. Přechází do svrchního vnějšího obalu kmene – kůry (borky). Na rozdíl od xylému je floém tvořen pouze živými buňkami.

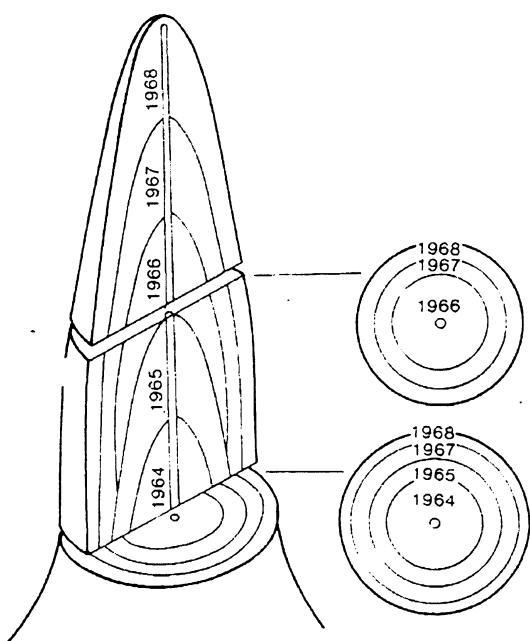
**kambium** - vrstva mezi xylémem a floémem, životodárná část kmene, činností dělivých buněk za vegetační období dochází k přírůstku letokruhů (anatomicky odlišné vrstvy jarního a letního dřeva).

**xylém** – dřevní část zajišťující rozvod vody a minerálních látek od kořenů do nadzemní části stromu – transpirační tok <<http://www.sci.muni.cz>>, má také podpěrnou funkci. Protože koruna se každým rokem rozrůstá, musí se zvětšovat i samotný kmen, jemuž každým rokem přibývá jeden letokruh. Xylém má dvě části: *Jádro* (vnitřní část xylému, tmavší, neobsahuje živé buňky – není schopné transportu) a *běl* (vnější část xylému, světlejší, obsahuje živé buňky – má schopnost transportovat). <<http://kfrserver.natur.cuni.cz>>.



Obr. 1: Anatomická stavba dřeva. (Banfi E., 2001).

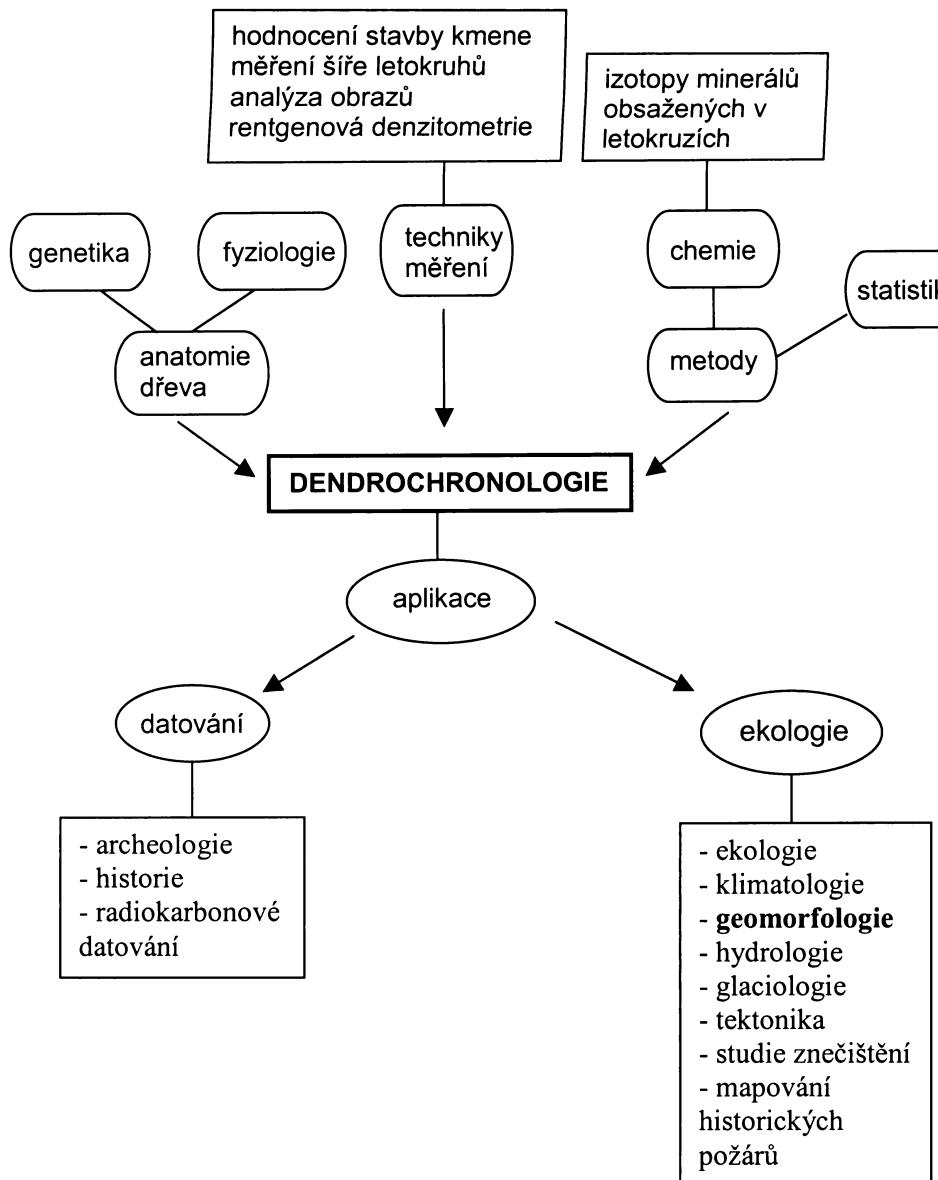
**růst letokruhů** - „každým rokem na jaře zahajuje kambium svoji činnost a tvoří směrem dovnitř buňky nového xylému a směrem ven buňky floému. Na jaře a na počátku léta je v kmenech stromů v ustavičném pohybu velké množství vody a proto musí ve vlastním dřevě být k dispozici průchodné dráhy se značnou světlostí. Zároveň se vyskytují nejméně limitující environmentální podmínky pro růst a produkci z celého roku. Proto v tomto období při tvorbě nového dřeva zakládá kambium obzvláště velké buňky a dává tak vzniknout světlému pruhu letokruhu. V průběhu léta kambium zpomaluje svou činnost a na podzim ji přeruší. Buňky vyprodukované od léta do konce vegetačního období jsou menší a mají silnější buněčné stěny, které v přičném řezu tvoří tmavý pruh pozdního dřeva. Tato tmavá linie je hranicí mezi dvěma ročními přírůstky a spolu se sousedním vnitřním pruhem světlého dřeva tvoří jeden letokruh.“ (Daňhelka J., 1999). Dle jiné definice jsou letokruhy výsledkem přerušení tloušťkového růstu stromu v důsledku vegetačního klidu. <<http://wood.mendelu.cz>>



Obr. 2: Naznačení ročních přírůstků letokruhů na rostoucím kmenu. (Phipps R. L., 1985).

Kompletní letokruhový obraz se nachází pouze u baze stromu, proto se pro přesné zjištění stáří stromu doporučuje odebírat vzorky právě odsud. Směrem ke koruně stromu nejsou mladší letokruhy ještě vyvinuté.

### 1.3 Postavení dendrochronologie mezi ostatními disciplínami



Obr. 3: Vztah dendrochronologie k ostatním disciplínám. (Kaennel M., Schweingruber F. H., 1995).

Dendrochronologie je věda založená na základech mnoha jiných oborů. Komplexně analyzuje dřeviny pomocí využívání metod biologických, chemických, geomorfologických a statistických. Výsledky dendrochronologických výzkumů jsou dále aplikovány v mnoha dalších vědních odvětví přírodovědného i humanitního základu. Slouží převážně jako doplňková metoda k ověření a doplnění jiných způsobů datace dřeva (z živých i mrtvých

stromů), ale svou přesností dosahuje velmi dobrých výsledků. Základní formou dendrochronologických analýz je charakteristika anatomie dřeva (tloušťka letokruhů) a stavby stromu, při větších nárocích na přesnost a při velmi úzké specifikaci zkoumaného jevu jsou využívány i techniky mikroskopické, podrobné chemické rozbory, radiokarbonové datování apod. Tato práce se věnuje aplikaci dendrochronologických metod ve fyzické geografii – převážně geomorfologii a částečně hydrologii a ekologii.

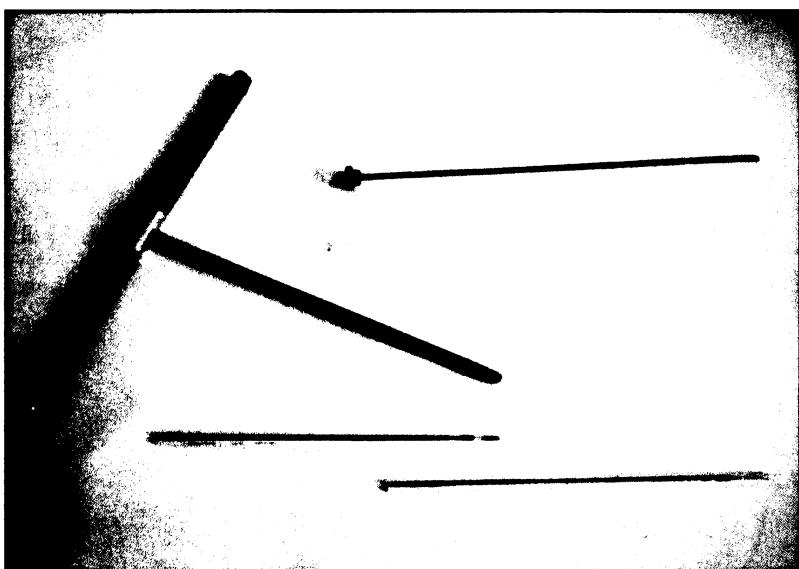
U zrodu dendrochronologie stál počátkem 20. století americký astronom A. E. Douglass, když při studiu historických kolísání sluneční aktivity věnoval pozornost i letokruhům dřevin. Jako první si totiž uvědomil přímý vliv slunce na růst rostlin a tedy i na tvorbu letokruhů. V nich zůstávají zakódované údaje o klimatu i dalších složkách životního prostředí, které na strom za jeho života působí. Čím příznivější je rok, tím lépe strom přirůstá do výšky i do šířky; širší je pak i letokruh. Některé z údajů, které lze z letokruhů vyčíst vypovídají pouze o nejbližším okolí stromu, jiné jsou společné všem stromům téhož druhu v určitém širším regionu. Právě díky tomu může dendrochronologie existovat.  
<[www.dendrochronologie.cz](http://www.dendrochronologie.cz)>.

## 2 Metodologie práce

### 2.1 Odběr vzorků

Pomocí metod dendrochronologie lze zjistit přesný rok, ve kterém se vytvořily jednotlivé letokruhy. Vzorky se dají odebírat nejen z živých stromů, ale také z kmeneů pokácených, ze dřev využitých ke stavbě domů (hlavně krov), tvorbě soch či rámů obrazů či ze zuhelnatělého dřeva. Pro zjištění absolutního stáří dřeva potřebujeme vzorky o tloušťce alespoň 40 letokruhů (nejlépe nad 70), chceme-li určit stáří stromu (živého, popř. poraženého), stačí nám letokruhů méně. Kvalitní vzorek by měl být ukončen podkorním letokruhem (poslední letokruh vytvořený před skácením či uschnutím stromu).

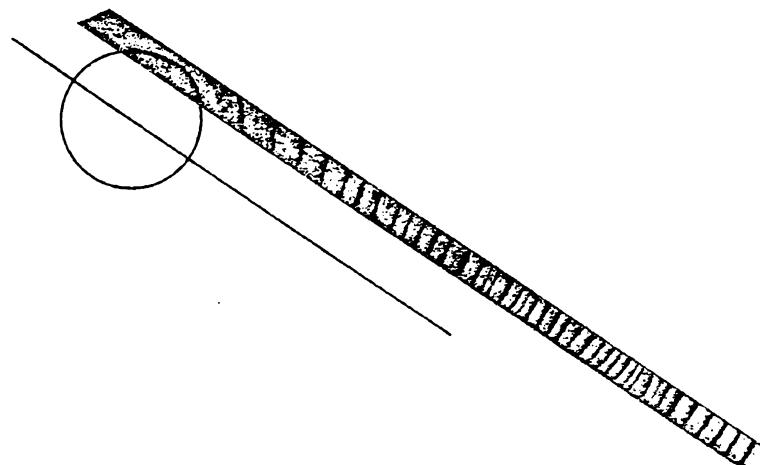
Nejčastější metodou získání vzorků jsou vývrty. Jsou asi 0,4 - 2,5 cm široké (v závislosti na průměru vrtáku zvoleného pro různé analýzy) a ze stromu se získávají pomocí dutého vrtáku nazývaného Presslerův nebozez.



Obr. 4: Presslerův nebozez (vpravo nahoře extraktor). <[www.dendrochronologie.cz](http://www.dendrochronologie.cz)>.

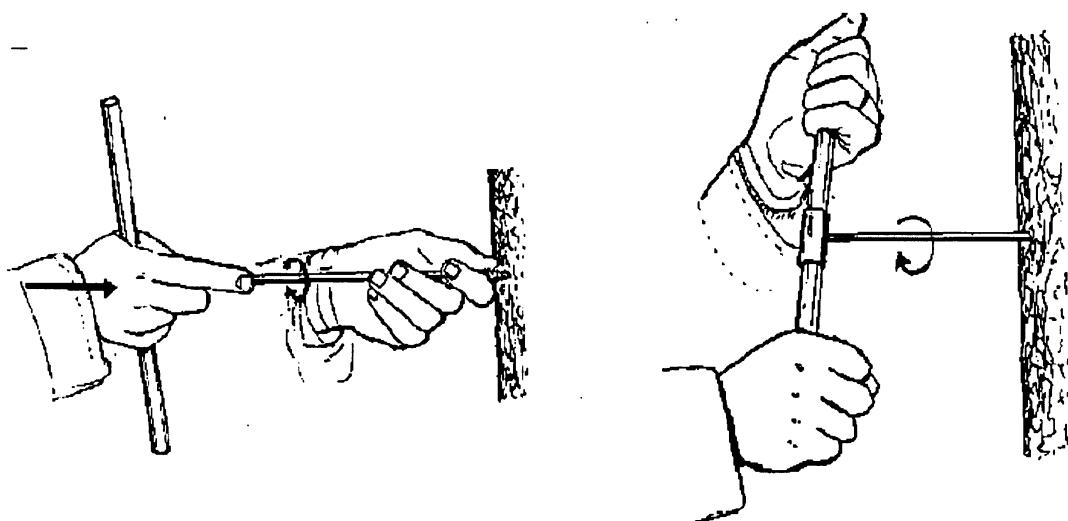
Vrt musí být veden kolmo na osu kmene a je nutné, aby pohyb do stran při uchycování závitů nebozezu byl minimální (vzorek by měl být co nejvíce kompaktní). Když se vnější závit vrtáku zařízne do dřeva, je třeba přestat na vrták tlačit a stačí už jen plynule otáčet vratidlem. Snažíme se vrt směřovat přesně do středu kmene – do dřeně ( jádra ) – viz Obr. 5. Ideální vrt vedený přesně do středu kmene poznáme podle části oblouku středového

letokruhu. To se nám však zpravidla nepodaří na první pokus, tak je třeba vrt i několikrát zopakovat.



Obr. 5: Odhadnutí směru a vzdálenosti centrálního letokruhu kmene. (Phipps R. L., 1985)

Poté vzorek s extraktorem vytáhneme a vrták vyjmeme. Po vyjmutí se vzorek upevní na speciální měřicí stůl a pod mikroskopem či lupou se sleduje letokruhová struktura. V okamžiku, kdy prochází hranice letokruhů se tento přechod zaznamená a uloží do počítače, kde je dále zpracováván a vznikají letokruhové řady. Zjišťování absolutního stáří vzorku se provádí křížovým datováním, kdy se konkrétní řady srovnávají s již spolehlivě datovanou nebo standardizovanou řadou určité dřeviny v dané oblasti.



Obr. 6: Držení vrtáku před zaříznutím šroubovité části břitu (vlevo) a při samovolném vnikání do kmene (vpravo). <[www.dendrochronologie.cz](http://www.dendrochronologie.cz)>.

## 2.2 Limity pro datování dřev

V použití dendrochronologických metod může docházet k mnoha nepřesnostem, způsobených například erozí, výkyvy klimatu (a s tím spojený vznik zdvojených letokruhů, či naopak nevyvinutí letokruhu), často jsou letokruhové struktury narušeny také ohryzem kopytníků. Většina chyb u těchto případů ale může být eliminována dobrými znalostmi prostředí a místních podmínek (například rychlosť svahové eroze s ohledem na morfologii terénu). Potřebné jsou také znalosti o celkovém životním prostředí oblasti či historie využití krajiny. Možnost dendrochronologického datování je do značné míry ovlivněna a limitována přítomností stromů vhodných ke zkoumání právě na místě sledované geomorfologické události. Vhodnost jednotlivých druhů stromů ke dendrochronologickému datování je uvedena v kapitole 2.4 v Tab. 2.

## 2.3 Dendrochronologické standardy

Pokud chceme daný strom přesně dendrochronologicky datovat (absolutní stáří stromu), musíme znát tzv. *standardní chronologii* pro daný druh (tj. sumární letokruhové řady vytvořené z mnoha individuálních řad často přesahujících i 1000 let). V Česku jsou k dispozici standardy pro jedli, smrk, dub a borovici. Do určité míry je možné také datovat bukové dřevo, a to pomocí chronologií z blízkých zemí (Německo, Rakousko, Polsko). Velmi nevhodné pro datování absolutního stáří jsou hlavně topoly a lípy vzhledem k častému výskytu růstových abnormalit (např. zdvojené letokruhy, nepravidelný přírůst letokruhů). Nejstarší letokruh v České republice je letokruh dubu z roku 539 př. n. l. (dub je proto velmi významnou dřevinou pro archeologické datování).

Informace o šíři letokruhů je zanášena do počítače, kde se pak zobrazí ve formě křivky. Ta je pomocí datovacího programu porovnávána s námi zvolenou standardní křivkou pro danou dřevinu. Program ukáže místa, v nichž se zkoumaná pozice shoduje se standardem. Pokud má některá ze stanovených pozic na standardu dostatečnou statistickou hodnotu, musí se také při optickém srovnání obě křivky setkávat ve většině výrazných minim a maxim, souhlasný by pak měl být i celkový trend křivek. <[www.dendrochronologie.cz](http://www.dendrochronologie.cz)>.

Tab. 1: Dendrochronologické standardy pro Česko. <[www.dendrochronologie.cz/metodika](http://www.dendrochronologie.cz/metodika)>

<b>Standard</b>	<b>Oblast použití</b>	<b>Autor</b>	<b>Délka</b>	<b>Začátek</b>	<b>Konec</b>
<b>dub</b>					
<b>czges</b>	ČR	Dvorská	1344	539	1882
<b>dub-CR</b>	ČR	Kyncl	1022	975	1998
<b>QUSPBRNO</b>	Morava	Rybniček	643	1147	1790
<b>jedle</b>					
<b>Abal</b>	ČR	Dvorská	492	1365	1856
<b>jedle-CR</b>	ČR	Kyncl	867	1131	1997
<b>jedle-Cechy</b>	Čechy	Kyncl	718	1131	1848
<b>jedle-Morava</b>	Morava	Kyncl	690	1221	1910
<b>ABALBRNO</b>	Morava	Rybniček	643	1141	1881
<b>borovice</b>					
<b>borovice-CR</b>	ČR	Kyncl	692	1197	1888
<b>smrk</b>					
<b>smrk-CR</b>	ČR	Kyncl	719	1279	1997
<b>smrk-Morava</b>	Morava	Kyncl	600	1333	1932
<b>smrk-Cechy</b>	Čechy	Kyncl	643	1279	1921

## **2.4 Záznamy na vegetaci – biologická evidence**

Analýza letokruhů dovoluje celkem rychle a spolehlivě datovat nedávnou geomorfologickou aktivitu – zvláště pak na stromech nesoucích i nějaké vnější znaky ovlivnění. Použití dendrochronologických metod může pomoci objasnit některé neúplně pochopené geomorfologické procesy (jejich sílu, dataci, periodicitu apod.). Při datování těchto událostí není příliš možnost vybírat si vhodné jedince (podle věku, druhu), musíme umět pracovat s materiélem dostupným na zkoumaném místě. Týká se to jak práce se živými stromy, tak i se dřevem využitým ke stavbě krovů, vzorky se také dají odebírat z trámů, rámu obrazů, je možné analyzovat i zuhelnatělé dřevo. Tyto metody (využívané v podoboru dendrochronologie, který se jmenuje dendroarcheologie) ale nebudou v této práci podrobně rozcáleny. Práce je věnována hlavně analýze živých stromů ještě přítomných na místech nějakých geomorfologických událostí, popřípadě mohou být využity i pařezy pokácených stromů.

Pro dataci mladší geomorfologických událostí jsou nevhodnější rychle rostoucí listnáče, které dobře reagují na změny podmínek i poškození v průběhu jejich růstu, zvláště v mladém věku. Chceme-li získat záznamy o událostech starých několik stovek let, musíme pochopitelně nalézt jedince příslušného stáří. Mezi růstem určitého druhu a jeho životnosti existuje prostý vztah. Základním pravidlem je (až na určité výjimky), že rychle rostoucí dřeviny nedosahují příliš vysokého věku. Například břízy, vrby, olše a topoly žijí průměrně kolem sta let. Buky a smrky se dožívají 200 až 300 let, lípa a dub i 500 let (fémový dub u Bocholtu v Německu je starý asi 1300 let). Jako obzvláště dlouhověké se projevily některé jehličnany – tis může překročit věk až 2000 let (nejstarším stromem Evropy je tis z Fortingalu ve Skotsku s téměř 3000 lety). Také severoamerické sekvojovce překračují hranici stáří 3000 let. Nejstaršími dosud žijícími stromy na světě jsou borovice osinaté, které rostou v Sierra Nevadě, u nichž bylo prokázáno stáří 4700 let. (Daňhelka J., 1999).

International Tree-Ring Data Bank (ITRDB) sestavila seznam všech volně rostoucích stromových druhů a zároveň je rozdělila do tří skupin podle vhodnosti jejich využití v dendrochronologii (CDI – crossdating index).

Hodnoty indexu CDI:

- 0... strom není vhodný nebo není známo, že by byl v minulosti v dendrochronologii použit
- 1... tyto druhy jsou vhodné k datování a korelace vzorků ze stromů rostoucích na jednom místě, jsou vhodné pro interpretaci lokálních podmínek stanoviště

2... druhy pro dendrochronologii nejvýznamnější, reagují na makroklimatické podmínky regionu (vhodné pro datování a korelaci vzorků na regionální úrovni)

Tab. 2: Vybrané stromy, se kterými je možné se setkat v našich podmínkách a hodnota jejich CDI. (podle ITRDB program version 2.1 (1992-1997), Kremer B. P. (1995), Kříž Z. (1971) in Daňhelka J. (1999)).

DRUH		kód	CDI
české jméno	latinské jméno		
borovice blatka	<i>Pinus uncinata</i>	PIUN	2
borovice černá	<i>Pinus nigra</i>	PINI	2
borovice hvězdovitá	<i>Pinus pinaster</i>	PIPI	1
borovice kleč	<i>Pinus mugo</i>	PIMG	1
borovice lesní	<i>Pinus sylvestris</i>	PISY	2
borovice limba	<i>Pinus cembra</i>	PICE	2
borovice vejmutovka	<i>Pinus strobus</i>	PIST	2
bříza bradavičnatá	<i>Betula pendula</i>	BEPE	1
bříza pýřitá	<i>Betula pubescens</i>	BEPU	1
buk lesní	<i>Fagus sylvatica</i>	FASY	2
douglaska tisolistá	<i>Pseudotsuga menziesii</i>	PSME	2
dřišťál obecný	<i>Berberis vulgaris</i>	BBVU	0
dub cer	<i>Quercus cerris</i>	QUECE	1
dub červený	<i>Quercus rubra</i>	QURU	1
dub letní	<i>Quercus robur</i>	QURO	2
dub šípk	<i>Quercus pubescens</i>	QUPU	2
dub zimní	<i>Quercus petraea</i>	QUPE	2
habr obecný	<i>Carpinus betulus</i>	CPBE	0
hloh obecný	<i>Crataegus oxyacantha</i>	CRAZ	0
jabloň lesní	<i>Malus sylvestris</i>	MASY	0
jalovec obecný	<i>Juniperus communis</i>	JUCO	1
jasan ztepilý	<i>Fraxinus excelsior</i>	FREX	1
javor babyka	<i>Acer campestre</i>	ACCA	1
javor klen	<i>Acer pseudoplatanus</i>	ACPS	1
javor mléč	<i>Acer platanoides</i>	ACPL	1
jedle bělokorá	<i>Abies alba</i>	ABAL	2
jedle obrovská	<i>Abies grandis</i>	ABGR	1
jeřáb břek	<i>Sorbus aucuparia</i>	SOAU	0
jeřáb muk	<i>Sorbus aria</i>	SOAR	1
jeřáb ptačí	<i>Sorbus aucuparia</i>	SOAU	0
jilm habrolistý (horský)	<i>Ulmus glabra</i>	ULGL	1
jilm vaz	<i>Ulmus laevis</i>	ULLA	1
jírovec maďal	<i>Aesculus hippocastanum</i>	AEHI	0
kalina tušalaj	<i>Viburnum lantana</i>	VBLA	0
lípa srdčitá	<i>Tilia cordata</i>	TICO	1
lípa velkolistá	<i>Tilia platyphyllos</i>	TIPL	1
liska obecná	<i>Corylus avellana</i>	COAL	0
modřín japonský	<i>Larix kaempferi</i>	LAJA	1

modřín opadavý	<i>Larix decidua</i>	LADE	2
olše lepkavá	<i>Alnus glutinosa</i>	ALGL	1
olše šedá	<i>Alnus incana</i>	ALIN	1
olše zelená	<i>Alnus viridis</i>	ALVI	1
ořešák královský	<i>Juglans regia</i>	JGRE	0
platan javorolistý	<i>Platanus x hybrida</i>	PLAC	0
ptačí zob obecný	<i>Ligustrum vulgare</i>	LGVU	0
řešetlák počistivý	<i>Rhamnus cathartica</i>	RHCT	0
smrk pichlavý	<i>Picea pungens</i>	PCPU	2
smrk ztepilý	<i>Picea abies</i>	PCAB	2
tis obecný	<i>Taxus baccata</i>	TABA	1
topol bílý	<i>Populus alba</i>	PPAL	1
topol černý	<i>Populus nigra</i>	PPNI	1
topol osika	<i>Populus tremula</i>	PPTR	1
trnovník akát	<i>Robinia pseudoacacia</i>	ROPS	0
třešeň ptačí	<i>Prunus avium</i>	PNAV	0
vrba bílá	<i>Salix alba</i>	SAAL	1
vrba jíva	<i>Salix caprea</i>	SACA	0
zimolez pýřitý	<i>Lonicera xylosterum</i>	LOXY	0

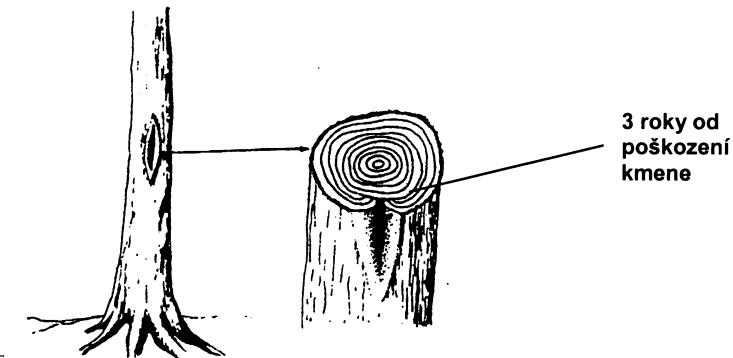
Geomorfologické události můžeme na vegetaci detektovat podle čtyř hlavních faktorů:

- korazní jizvy
- anomálie v letokruzích
- vedlejší pučení či rozdělení základny stromu
- věk stromů na stanovišti

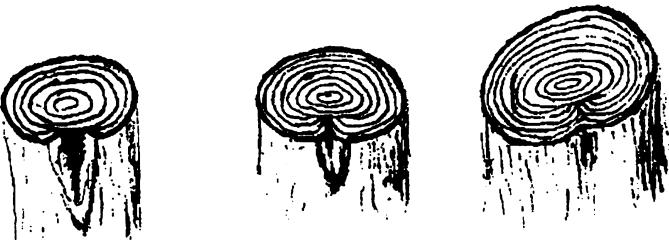
**Analýza jizev** na kmenech stromů je předně využívaná metoda k datování pohybů menších kamenů na svazích a při dataci povodní. Náraz kamenů do kmene stromu poškozuje kambium, což ovlivňuje další radiální růst kmene. V místě zásahu se letokruhy dále nevyvíjejí. Na nepoškozeném místě letokruhy v dalších letech dále přirůstají a jizva je velmi patrná jako hlubší zárez v kmene stromu. V následujících letech dochází ke ztvrdnutí jizvy a pokrytí tzv. strupem. Použití této metody je ale limitováno při zkoumání starších geomorfologických událostí, protože v průběhu let je jizva ze stran pomalu zarůstána až je celá vyplněna a opětovně zakryta vrstvou kambia. Důležitost jizev v technikách datování je tedy výrazně menší, pokud jizva zaroste. Odhalit se tak dá pouze při příčném řezu kmenem. Stáří dosud nezarostlé jizvy se dá také určit pomocí úhlů zarůstání jizvy a pomocí vyříznutí malých klínů ze strany jizvy, aniž by došlo k usmrcení stromu. (Hupp C. R., 1984).

Jizvy na břežní vegetaci (stromy i keře) jsou nejvíce viditelným záznamem povodní a v současné době je datování povodní podle korazních jizev nejspolehlivější a nejpřesnější metodou. Můžeme zjistit přesný rok poškození stromu a často i roční období, kdy k němu došlo. Nejvíce používaná je metoda analýzy dřeva příčným řezem v místě jizvy. provedeme-li analýzu jizev pomocí příčných řezů na množství velmi starých stromů, můžeme obdržet velmi dlouhou chronologii jizev, ale tato metoda má nevýhodu v tom, že stromy zabijí. Pokud však nechceme strom pokádat, postačí i odběr vzorků letokruhů pomocí navrtání kmene v různých úhlech (z několika stran) včetně místa jizvy. Tímto poškodíme strom pouze minimálně. Podle výšky, ve které se jizva (či jizvy) nachází, se dá také odvodit výška povodně. Musíme ale počítat s tím, že od okamžiku poškození kmene strom ještě vyrostl. Tato výška se dá částečně odhadnout pokud známe stáří jizvy a přibližnou roční hodnotu růstu stromu.

V oblastech, kde se dá předpokládat větší ovlivňování přírody člověkem, je nutné při analýze jizev zohledňovat i fakt, že některé jizvy nejsou výsledkem přírodních procesů, ale vznikly díky antropogennímu zásahu do krajiny. Jizvy se tvoří v místech odřízlých větví či vedlejších kmenech a na první pohled jsou často velmi špatně rozlišitelné od korazních jizev. Při detailnějším zkoumání je však vidět, že uprostřed jizvy je patrná letokruhová kresba, pozůstatky po uřízlých větvích. Klasické poškození narušuje kambium a na povrchu kmene vzniká hladká jizva. V obou uvedených případech dochází časem k zarůstání jizvy až k jejímu úplnému zahojení.



Obr. 7: Korazní jizva. (Hupp C. R., 1988).



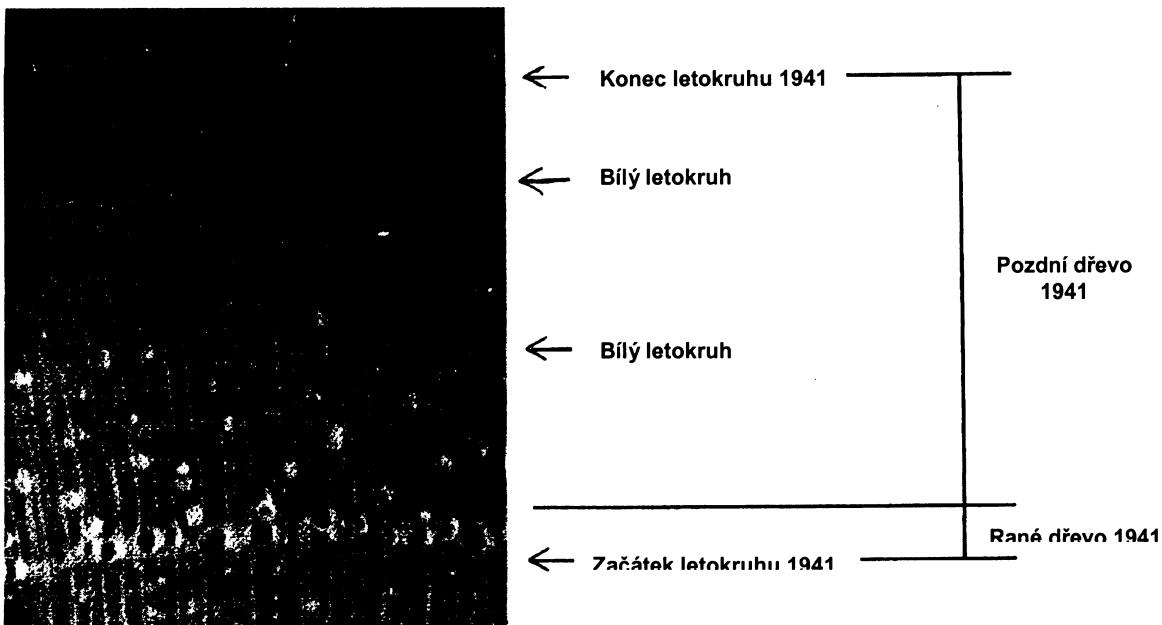
Obr. 8: Postup zarůstání jizvy. (Daňhelka J., 1999).

Povodně mohou ovlivnit stromy i bez toho, aby zanechaly na jejich kmenech zřejmě stopy. Tyto náhlé události se však mohou projevit ve vnitřní stavbě kmene. Mění se například vzdálenost mezi jednotlivými letokruhy (projevuje se zhuštěním či rozvolněním letokruhů) a popřípadě při mírném naklonění kmene dochází k excentrickému nárůstu letokruhů. Při zkoumání takovýchto záznamů na vegetaci se používá hlavně metoda navrtání kmene. Odebrané vzorky jsou poté analyzovány v dendrochronologických laboratořích, obvykle za použití mikroskopické techniky. Náročnější než samotná analýza je zaručit, že naklonění stromů je výsledkem svahových pochodů a není ovlivněno jinými činiteli. Z korelace datací pohybů získaných měřením s vysokým odtokem vyplývá, že primárním faktorem aktuální sesuvné aktivity jsou vysoké srážky. (Hupp C. R., Sigafoos R. S., 1982).

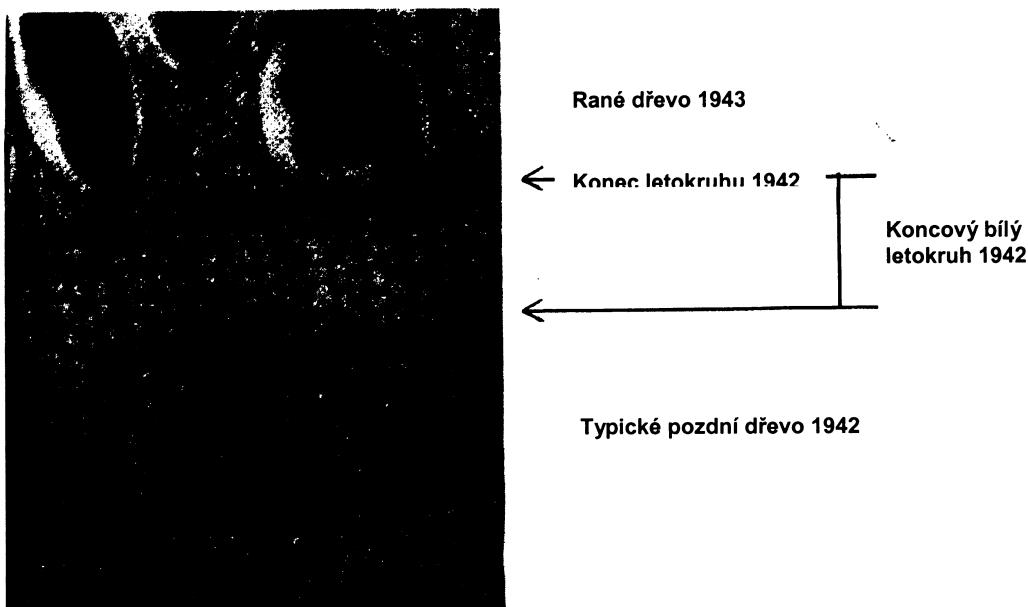
**Zhuštění či rozvolnění letokruhů** je dobře rozpoznatelný posun dosavadních rozestupů jednotlivých letokruhů. Tento typ rozestupů může být způsoben množstvím událostí jako jsou například oheň, nemoce stromu, povodeň či vzájemný souboj sousedících jedinců o prostor. Pokud jsou tito soupeři odstraněni nebo poškozeni, je strom více „uvolněný“, má více prostoru kolem sebe a v jeho letokruzích se to odrazí jako perioda většího růstu (tvoří široké letokruhy). Růst letokruhů stromů, které přímo sousedí se stromy poškozenými povodní, je výrazně rozvolněný – pomocí velkého vzorku stromů tak můžeme určit plochy, kam povodeň zasáhla. Naopak stromy s bázemi částečně pohřbenými materiélem přineseným povodní mohou mít vyvinutou periodu zhuštěných přírůstků a začínají klíčit do nového povrchu. Pro spolehlivost odečtu geomorfologických událostí je však nutné nalézt zkoumat větší množství stromů se stejnými a stejně starými známkami anomalií v letokruzích. Kromě toho i ty stromy, u kterých se nijak vliv povodně neprojevil, musí být navrtány a zkoumány pro kontrolu, aby se vyloučil vliv například klimatických faktorů.

Bylo dokázáno, že abnormality ve vnitřních letokruzích korelují s intenzitou povodně. Tyto abnormality se projevují jako zóna rozšířených cév v meziročním rozhraní letokruhů.

Právě pozice těchto „povodňových“ letokruhů nám poskytuje ve vztahu k ranému či pozdnímu přírůstku dřeva ještě přesnější možnost datovat povodeň (někdy i v měřítku týdnů).  
(Hupp C. R., 1988).



Obr. 9: Stavba letokruhů ovlivněných povodní. Příklad vzorků z oblasti Potomac River. Na obrázku je ukázán růst letokruhů formovaných v roce 1941 s dvěma koncentrickými světlými prstenci, které vznikly při tvorbě pozdního dřeva. Vnitřní letokruhy jsou lépe viditelné (velké buňky), zatímco vnější pruhy nemohou být odhaleny pouhým okem. (Yanosky T. M., 1984).



Obr. 10: Koncový bílý letokruh v přírůstku dřeva z roku 1942. Velký průměr a tenké stěny buněk bílého pruhu jsou snadno rozlišitelné od typických buněk pozdního dřeva. Povšimněte si náhlé změny od typických růstových anomalií. Velikost bílých letokruhů je srovnatelná s těmi buňkami, které obklopují cévy v raném dřevě roku 1943. (Yanosky T. M., 1984).

Stopy **excentrických letokruhů** jsou dobře patrné u stromů, jejichž kmen je odkloněn od vertikálního směru růstu (tzv. geotropická odezva). Excentrický růst letokruhů může být způsoben i rozdílným směrem dopadajícího světla (tzv. fototropická odezva). Mírné naklonění stromu může způsobit vznik excentrických letokruhů, aniž by došlo ke vzniku vedlejšího pučení. Pokud je strom náhle nakloněn (například povodní), projeví se to v nově rostoucích letokruzích, které jsou na jedné straně kmene široké (strom produkuje více dřeva) zatímco na protější straně relativně blízko sebe, jinými slovy paprsky v rozdílných směrech od středu kmene jsou různě dlouhé. Pokud k tomuto excentrickému růstu dojde až po určité době, co strom produkuje koncentrické letokruhy, datum počátku excentrického růstu můžeme dobře zjistit. Tento růst nastává během prvního roku od události.

Analýza počátku a doby excentrického růstu a tloušťky letokruhů nám poskytuje data o době, směru a dobu trvání geomorfologické události. Aby metoda byla spolehlivá, musí se určit přesná příčina vzniku excentrických letokruhů s vyloučením jiných faktorů než geomorfologických (např. klimatických nebo distribuce dopadajícího světla). Rozdílná reakce na geomorfologické události je také patrná mezi různými typy dřevin. Angiospermy

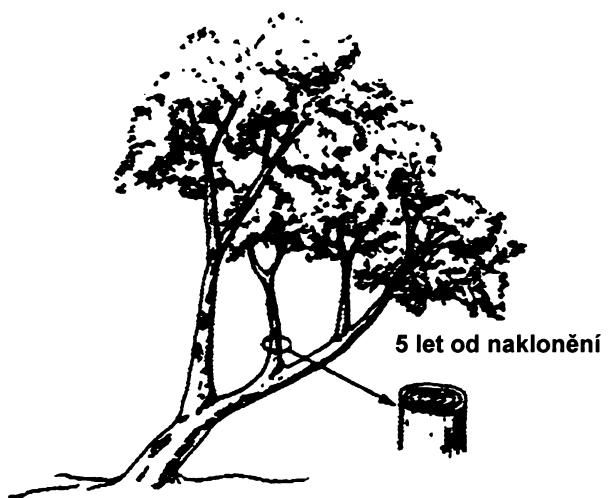
(krytosemenné; listnaté opadavé stromy) produkují silnější letokruhy na straně kmene směrem do kopce. Gymnospermy (nahosemenné rostliny) tvoří naopak silnější letokruhy na straně ze svahu. Obtížnější je analyzovat reakce letokruhů na geomorfologické změny u krytosemenných rostlin. Vhodnější jsou tedy jehličnany (popř. oblasti, kde jsou jehličnany dominantním druhem), protože u nich prudké naklonění nepůsobí růst vedlejších větví. U listnatých stromů vyrostou vedlejší větve zpravidla do roka od naklonění stromu.



Obr. 11: Excentrické letokruhy. Prvních sedm letokruhů jsou letokruhy symetrické, šestý rok došlo k naklonění kmene, což způsobilo excentrický nárůst letokruhů. (Hupp C. R., 1988).

Často používanou metodou datování geomorfologických událostí je i datace **pučení z nakloněných či zlomených kmeneů**. Tyto znaky jsou dobře viditelné, ale správnost výsledků je o trochu menší než zkoumání korazních jizev, protože k pučení může dojít až po delší době. Při analýze se užívá hlavně navrtání vedlejších větví u jejich základny, tj. místa, kde větve vyrůstají z hlavního nakloněného kmene. Tento typ záznamu geomorfologických událostí na vegetaci vypadá jako rozštěpená základna stromu nebo jako vertikálně rostoucí větve, které vyrůstají z nakloněného kmene. Pokud k naklonění došlo při povodni, dá se ze směru naklonění určit i směr toku vody při povodni. (Hupp C. R., 1988).

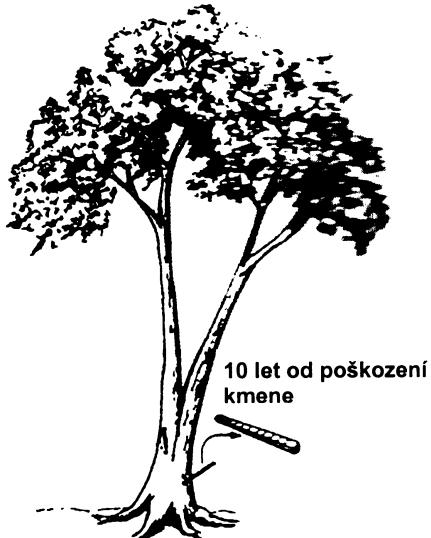
Výhonky se objevují převážně již do jednoho roku od naklonění kmene v důsledku iniciující geomorfologické události. V prvním roce začne narůstat centrální část nového výhonku a ten buď začne růst ten samý rok, ve kterém k naklonění došlo, nebo během sezónního růstu následujícího po povodni. Některé stromy mohou ve své stavbě nést stopy i několika geomorfologických událostí. K pučení dochází častěji u angiospermních (krytosemenných) než u gymnospermních (nahosemenných) rostlin – proto jej hledáme spíše v lesech listnatých než v jehličnatých.



Obr. 12: Pučení z kmene v důsledku naklonění stromu. (Hupp C. R., 1988).



Obr. 13: Několikanásobné pučení v důsledku naklonění kmene, Velká Vala, Nymburk.  
(Vlastní archiv).



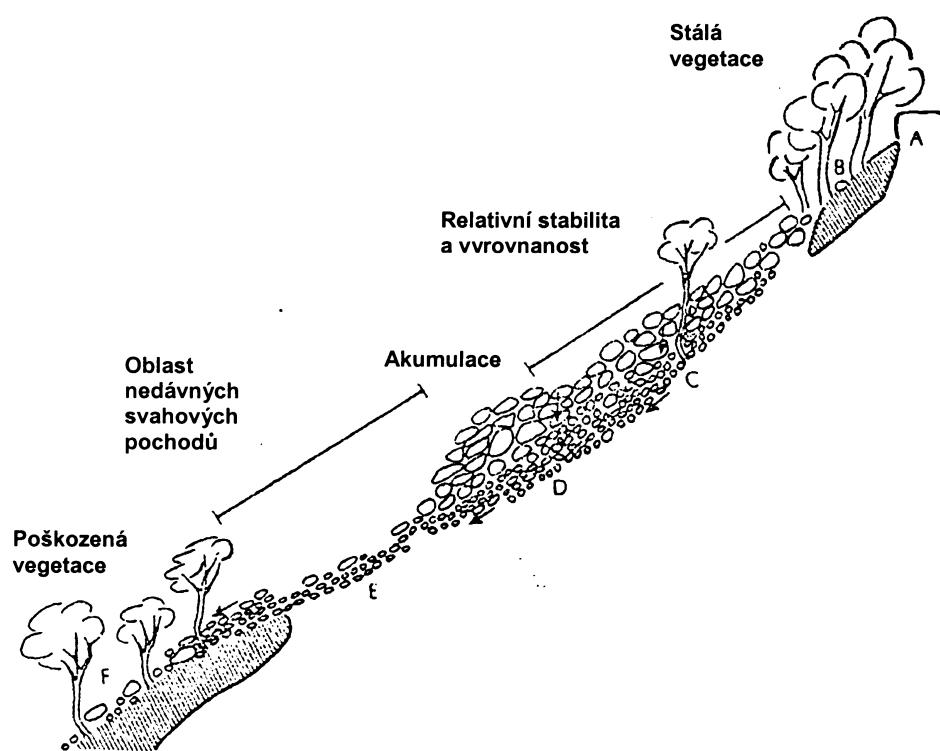
Obr. 14: Rozdělení základny. (Hupp C. R., 1988).

Schopnost jednotlivých stromů růst na zničeném či nějak zasaženém povrchu a stále zaznamenávat události v jejich každoročním přírůstku letokruhů poskytuje další hodnotný nástroj výzkumu v dendrogeomorfologických studiích. Praktické je hlavně studium stromů rostoucích na agradowaných či degradovaných oblastech. Může se jednat o akumulační formaci vzniklou při povodních nebo o povrch obnažený působením sesuvné činnosti. (Hupp C. R., Sigafoos R. S., 1982). **Věk stromů** a křovin na naplavených sedimentech indikuje minimální dobu od zanesení půdy.

Studium povrchů s agradowaným materiélem vychází z faktu, že věk nejstarších stromů je blízko věku nánosů. Samozřejmě ale je, že stáří povodňových nánosů může být i větší než jsou nejstarší stromy v oblasti, které na nich vyrostly až po určité době. Podél aktivně migrujícího koryta může být věk stromů použit i k hodnocení posunu koryta v čase. Věková struktura populace stromů nám může indikovat i to, zda jsou nánosy dost mladé na to, aby bylo vůbec možné je dendrogeomorfologicky datovat. Někde jsou totiž usazeniny starší nežli stromy na nich rostoucí, proto je nutné podle věkové struktury populace stromů určit, kde jsou uloženiny dostatečně mladé a vhodné pro použití dendrochronologických metod. (Hupp C. R., 1988).

Datování starších událostí pomocí věku stromů je limitováno různým věkovým složením a různou délkou života stromů, což je dáno jejich druhovým složením. Zkoumáme-li věkové složení stromů rostoucích na svahu, dojedeme k závěru, že sesuvná aktivita se na věkové struktuře vegetace dané oblasti také odráží. Můžeme sledovat různé věkové složení

stromů rostoucích v rozdílných polohách svahu. Nejstarší jsou stromy blízko odkrytých částí povrchu v horních částech svahu. Zde je les nejstarší a směrem ke kamenným polím vznikajícím v nižších částech svahu věk stromů klesá a stoupá také četnost poškození kmene v důsledku sesuvu (korazní jizvy na kmenech či nakloněné kmene). Oblast pod kamenným polem je zalesněna mladšími stromy, což indikuje geomorfologickou nestálost této oblasti. Svah s četnými sesovy kameny nám také může indikovat množství mrtvých či téměř mrtvých stromů, které byly nenapravitelně poškozovány kamennými sesovy. Balvany jsou často roztroušené i v zalesněných částech svahu, zde se obvykle nacházejí na straně kmene směrem do svahu. (Hupp C. R., Sigafoos R. S., 1982).



Obr. 15: Průřez kamenným polem vzniklým na svahu. Odvozeno ze studie provedené v Massanutten Mountains ve Virginii. (Hupp C. R., Sigafoos R. S., 1982).

- A: Odkryv pískovcového podloží.
- B: Relativně stabilní a vyzrálá vegetace. Věk stromů se snižuje směrem ke kamennému poli.
- C: Baze stromu je pohřbena kameny a je zakřivena ve směru sesuvu kamenů.

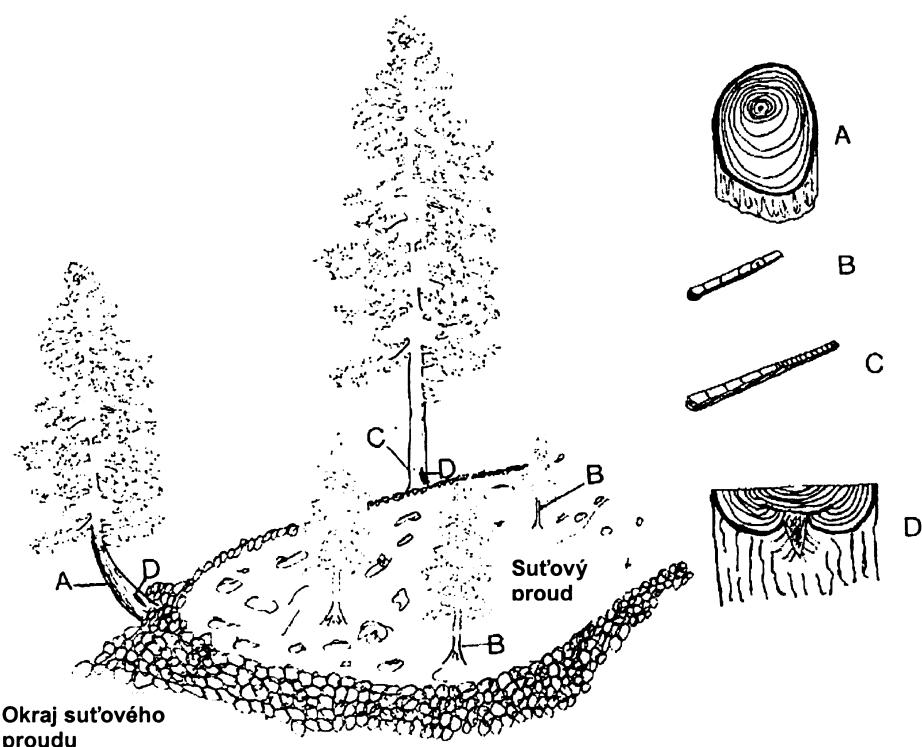
D: Určení hloubky kamenného pole je problematické. Chybí vegetace, ke které by se výška povrchu vztáhla.

E: Vymletí původního povrchu se zpravidla menšími nezvětralými balvany.

F: Akumulace kamenů v dolní části svahu. Oblast rozsáhlého poškození stromů.

Nachází se zde mnoho stromů umírajících či mrtvých.

Šipky značí směr pohybu kamenů.



Obr. 16: Typy botanické evidence na sesuvně aktivním svahu. Dle studie oblasti Mount Shasta, Kalifornie.(Hupp C. R., 1984). Na obrázku jsou naznačeny čtyři běžné typy záznamů suťových proudů na vegetaci. V levé části obrázku je nakreslena typická poloha stromů pro různé typy botanické evidence, na pravé straně jsou detailně ukázány jednotlivé anomálie na kmenech. (A) a (D) jsou příčné řezy kmene, (A) excentrické letokruhy, (D) zarůstající jizva; (B) a (C) jsou vzorky odebrané vrtem kmene, (B) mladý strom v centru suťového pole, (C) excentrické letokruhy.

Další deformace kmenů mohou být způsobeny například jednostranným působením sesuvů půdy v okolí kmene. Strom je vlastně přetáčen okolo osy růstu a kmen roste ve „šroubovici“. Jako ukázka poslouží následující fotografie.



Obr. 17: Kmen rostoucí do šroubovice, Velká Vala, Nymburk. (Vlastní archiv).

Stromy vypovídají o svém stanovišti mnohé a ne vždy je nutné používat metod vyžadujících odběry vzorků přímo z kmene. Často si stačí jen prohlédnout okolí, abychom se dozvěděli něco zajímavého. Například prochází-li sesuv stromořadím, určíme velikost posunu jednoduše zjištěním vzdálenosti posunutých stromů od stromořadí. (Záruba Q., Mencl V., 1987 in Daňhelka J., 1999). Porušení stromořadí v ovocných sadech též může prozradit horizontální posuny podél zlomových ploch. (Kukal Z., 1983 in Daňhelka J., 1999).

Následující část kapitoly se věnuje sledování míry eroze a akumulace materiálu pomocí vegetace. Naznačuje metody práce při zkoumání eroze na svazích, postup dendrochronologického výzkumu v sesuvních oblastech. Akumulace se bude týkat hlavně fluviálních sedimentů v okolí řek, na nivních půdách. Detailnější popis metody zkoumání akumulačních a erozních jevů pomocí využití dendrogeomorfologických metod je uveden v následujících podkapitolách 2.4.1 a 2.4.2.

Okolí řek jsou charakteristická disturbancemi různých frekvencí, měřítka i intenzity, sleduje se převážně přenos štěrkopísku erozí a následnou akumulací, k níž dochází při záplavách (v minulosti pravidelných, v dnešní době, kdy jsou toky regulovány, nejsou již záplavy tak pravidelné a časté, dynamika toku byla silně člověkem narušena). Frekvence povodní poklesla se stoupající kontrolou tekoucí vody - hlavně jako výsledek stavby vodních nádrží, napřimování toků. Celkově tedy poklesla míra eroze i akumulace břehových sedimentů při vylití vody z koryta. Disturbance tedy mají i menší plošný rozsah, což se dá odvodit i ze stavu příbřežní vegetace. Se stoupajícím vlivem člověka na krajinu klesá četnost pravidelných povodní a díky tomu se blíže břehu vyskytují rostliny a stromy, které se nacházely v minulosti dále od koryta. (Inoue M., Nakagoshi N., 1999).

Koryta řek v údolních nivách nám poskytují přirozené „pracoviště“ pro interdisciplinární výzkumy vývoje koryta. Analyzujeme-li složení a věk vegetace (i pomocí dendrochronologických metod), máme nástroj k poměrně přesnému odhadu determinace mocnosti břehových nánosů. Pokročilejší analýzy nám dovolují i odhad času nutného pro vznik říční nivy (obnovení po změně koryta). (Hupp C. R., Simon A., 1991).

#### *2.4.1 Stopy eroze na vegetaci*

Dendrochronologické metody mohou být využity i při výzkumu a sledování eroze půdy či sesuvů na svazích. Ačkoli je les považován za vegetační kryt s velmi vysokým protierozním efektem a zalesnění je samo o sobě protierozní opatřením, přesto může být lesní půda ohrožována erozí (hlavně vodní). Zpravidla se vodní eroze v lesích uplatňuje intenzivnějšími formami. Přičinou vzniku těchto forem eroze bývá kromě přírodních faktorů i činnost člověka, především nesprávné způsoby hospodaření v lesích. To se projevuje sníženou retenční a retardační schopností, ovlivňující odtok z celého povodí. (Sklenička P., 2003). Významným faktorem ovlivňujícím retenční potenciál lesů, je jejich zdravotní stav:

poškozené a mrtvé stromy mají za následek snížení protierozní schopnosti, to způsobuje větší erozi na svahu, jejímž důsledkem je opět větší poškozování stromů atd.

Metody stanovení míry eroze ve sledované oblasti jsou náročnější na výpočet a měření a také dosahují méně přesných výsledků než u sledování míry akumulace u kmenů. Celá metoda je založena na faktu, že strom při klíčení zakládá hlavní kořenové pásmo radiálně od centra klíčení a to těsně pod povrchem, tyto kořeny jsou tedy hlavním ukazatelem výšky povrchu v době vyklíčení stromu. Hloubka eroze rozdělená podle stáří stromů nám ukazuje míru degradace svahu (svahová eroze v okolí stromu). Při výpočtech musíme zohlednit nejen věk stromů, ale i průměrný sklon svahu. Sesuvy hmoty mají převážně formu malých suťových „lavin“ na svahu.

Vybrané stromy jsou navrtány Presslerovým nebo zezem těsně u základny stromu (je však nutné vrtat nad kořenovými náběhy – získané výsledky by tím mohly být zkreslené). Vrtáme k jádru kmene, které vzniklo těsně po vyklíčení stromu, a určíme věk stromu (opticky nebo pro větší přesnost pomocí mikroskopické techniky). Při vrtání také nesmíme zapomenout na to, že na straně kmene obrácené směrem do svahu, se v průběhu života stromu hromadí materiál a vytváří tzv. terasu. (Viz Obr. 18). Každý strom rostoucí na svahu představuje překážku erozním splachům. Zatímco nad stromem vzniká akumulací malá terasa, těsně pod stromem dochází k erozi. Spojují se zde dráhy srážkové vody obtékající kmen a vzniká prohlubeň, jejíž dno je níže položené a erozně více prohloubené nežli nechráněné okolí. Abychom eliminovali vliv terasy a prohlubně, měříme úbytek materiálu od biologického centra hlavního laterálního kořenového pásmá k současnemu povrchu na jeho úrovni. Takto naměřenou hodnotu ještě musíme přepočít tak, abychom získali úbytek v kolmém směru na povrch, který teprve můžeme použít jako vyjádření množství odneseného materiálu. (Daňhelka J., 1999). Tyto nánosy materiálu nás mohou klamat při odhadování původní výšky povrchu.

Z jednotlivých letokruhových řad můžeme vytvořit i dendrochronologickou křivku pro porovnání případných anomalií zaznamenaných v letokruzích většího počtu stromů. Tyto anomálie mohou vypovídat o nějaké geomorfologické události ve sledované oblasti. Můžeme zjistit nejen intenzitu, ale i plošný rozsah této události, pokud jsou náhlé změny stavby kmene zaznamenané v letokruzích u více jedinců.

Pokud se nacházejí stromy i u samé paty svahu, můžeme zde pozorovat naopak množství nepůvodního materiálu ze svahu, akumulovaného kolem kmenů a případně srovnat množství materiálu erodovaného s akumulovaným (pomocí dendrochronologických výpočtů).

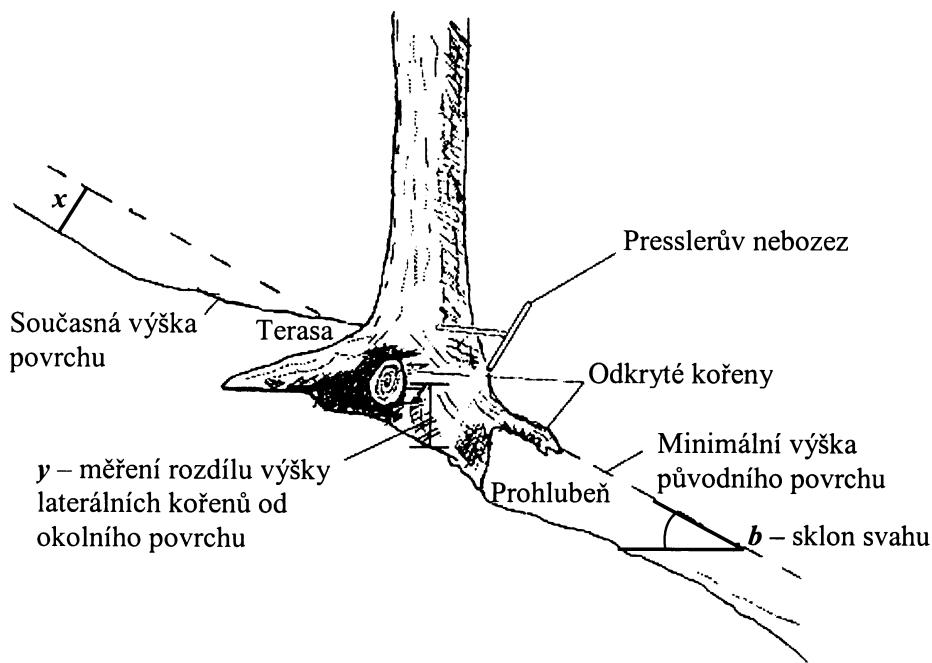
Hromadění koluvia je způsobeno hlavně vodní erozí na svahu, dochází k němu na straně kmene směřující nahoru do svahu.

Při samotném odhadu hloubky eroze musíme brát na zřetel hlavně celkový vzhled území, profil svahu, materiál, jímž je svah pokryt a jeho vlastnosti, stupeň eroze patrný na okolních stromech s obnaženými kořeny a přítomnost či absenci zerodovaného materiálu. Pro přesnější interpretaci výsledků je také nutné vyloučit z výzkumu stromy viditelně poškozené či mrtvé.

Samotná míra ústupu svahu byla určena z průměrné míry ústupu svahu, spočítáním hloubky eroze  $x$  pomocí vzorečku:

$$x = y * \cos b$$

Využíváme známých hodnot sklonu svahu –  $b$  (pro jeho změření využíváme zpravidla sklonometr či úhloměr) a vertikální míry degradace  $y$  (neboli svislá výška kořenového patra nad povrchem). Bližší popis parametrů na Obr. 18.



Obr. 18: Schematické znázornění odkrytých kořenů stromu rostoucího na svahu a naznačení hodnot  $y$  a  $b$  potřebných k výpočtu míry degradace svahu. (upraveno dle Hupp C. R., Carey W. P., 1990).

Tuto metodu použili například Hupp a Carey (1990) v oblasti Maxey Flats v Kentucky. Ve studii byly porovnávány výsledky přímého měření s dendrogeomorfologickými technikami. Přímým měření jsou myšleny sedimentární žlaby, které jsou navrženy ke sledování celkového odtoku ze známé oblasti na svahu. Tato měření jsou prováděna pomocí erozních konstrukcí (rámů), trvale instalovaných v cílové oblasti. Výsledky obou technik měření byly srovnatelné.

Celkový průzkum oblasti také ukázal rozdílnou míru eroze na různě exponovaných svazích. Na svazích orientovaných k jihu dochází během dne k vyššímu kolísání teplot a tím je intenzivnější fyzikální zvětrávání hornin, což poskytuje více materiálu k transportu hlavně při vodní erozi na svazích.

Sanders a Young (1983) zdůrazňují ještě jeden typ transportu hornin a to transport v roztocích. Tento typ eroze hornin je nejlépe viditelný v oblastech s výskytem pískovce. V mnoha oblastech je právě transport sedimentů povrchovou vodou velice výrazný fenoménem. Pro tento typ výzkumu se dendrogeomorfologické techniky ukázaly jako velmi vhodné, nejen jako doplněk přímých metod měření, nýbrž přesnosti jako jejich rovnocenný ekvivalent. Navíc mají speciální výhodu ve schopnosti integrace procesů probíhajících na vybraném území přes desítky až stovky let. Odhady poloh dřívějšího povrchu v horizontu stovek až tisíců let nazpět jsou také možné, vědecké analýzy ale musí být dále kalibrovány a zpřesňovány. Z takto starých záznamů můžeme vyčíst kolísání a změny určitých složek životního prostředí za dlouhé časové rozpětí.

Ačkoli dendrogeomorfologický odhad nevyžaduje přílišnou časovou náročnost ani speciální zařízení, poskytuje relativně jednoduchou a přesto přesnou metodu k odhadu míry denudace.

#### *2.4.2 Stopy akumulace na vegetaci*

Při zkoumání akumulace sedimentů v určité lokalitě jsou základní formou botanické evidence pohřbené základny kmenů. Ačkoliv dendrogeomorfologické techniky mají jisté nedostatky, žádná jiná metodologie neposkytuje data o dlouhodobé sedimentaci v takových detailech. Sedimenty překrývají kořenové náběhy (rozšířená dolní část kmene) a kmen vypadá jakoby rostl kolmo ze země. Stejně jako například u zkoumání míry eroze, i zde hraje důležitou roli zakládání kořenové základny při klíčení těsně pod povrchem země. Je to vztažná rovina, o níž odečítáme výšku povrchu, je-li ovlivněna nějakou geomorfologickou

událostí. U sledování eroze to byla míra odkrytí kořenů, při zkoumání akumulace u kmenů sledujeme výšku materiálu naneseného nad kořeny. Do nepůvodního povrchu pak zpravidla do jednoho roku po zanesení začínají klíčit vedlejší kořinky.

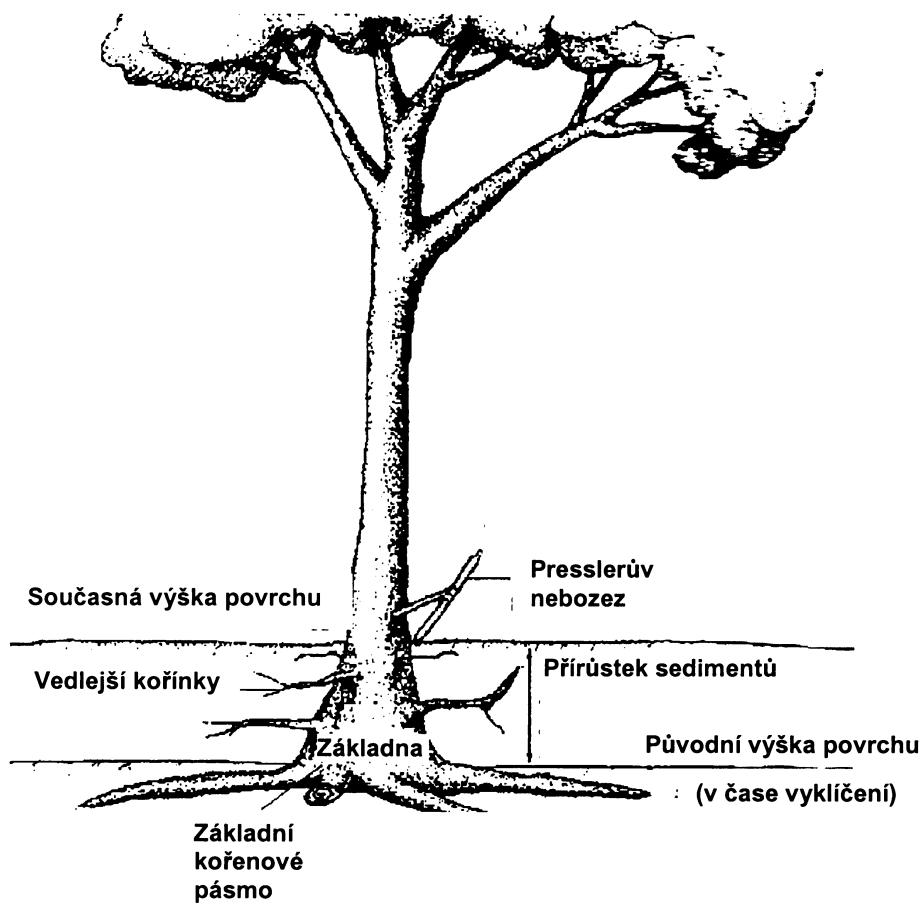
Vliv na míru akumulace v údolních nivách mají převážně hydrologické charakteristiky oblasti – například charakter odvodňování oblasti, četnost a intenzita povodní (míra sedimentace se liší v oblastech s delší periodou hlubokého zatopení a v oblastech vystavených četným, ale krátkým periodám zaplavení). Dále to jsou faktory topografické – vzdálenost od koryta, relativní výška místa nad hladinou řeky (níže položené oblasti, které jsou blíže korytu, jsou vystaveny větší sedimentaci, protože jsou zaplavovány častěji a na delší dobu), horizontální vzdálenost od koryta, poloha místa – elevace či deprese. Všechny tyto faktory určují nejen míru depozice sedimentů, ale také jejich transport ze zdrojové oblasti do místa usazení.

Jak bylo řečeno výše, míru sedimentace ovlivňuje perioda lokálního zaplavování. Například v močálech a bažinách, které jsou pod vodou po většinu roku, je sedimentace velmi výrazná. Suspendované sedimenty mají totiž v podmáčených bažinatých oblastech více času na to, aby se usadily. Množství materiálu, který je dostupný k depozici, je determinováno mnoha faktory – odvodnění oblasti, hustota drenáží (hydromeliorační opatření v krajině), geologie zdrojové oblasti, využití krajiny na březích toku, charakter říčního koryta.

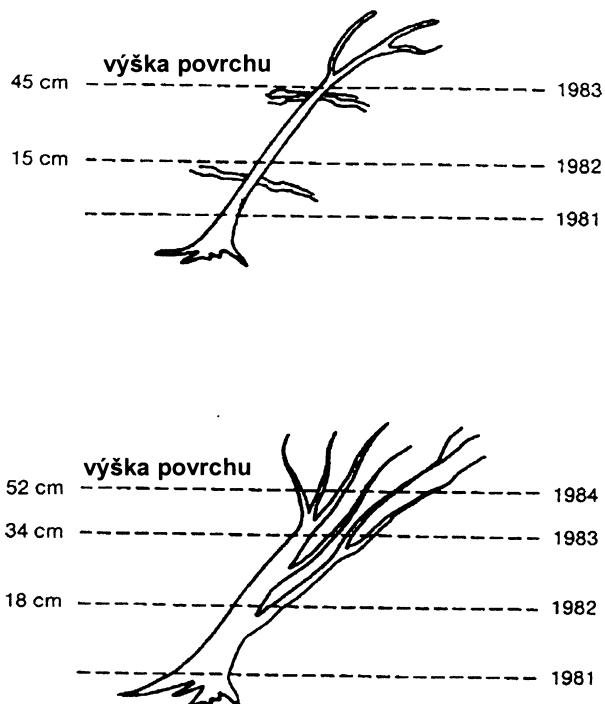
Při analýze sedimentace se postupuje následovně: nejprve musíme zvolit vhodné stromy, které budeme k analýze sedimentace využívat. Vybíráme jedince, u kterých je na první pohled znát určitá míra zanesení sedimenty u základny stromu. Pochopitelně je výsledek přesnější při vyšším počtu zkoumaných stromů, musíme však brát na zřetel, že podmínky pro sedimentaci závisí na mnoha faktorech. Jsou dány polohou stromu, vzdáleností od koryta apod. a tím ovlivňují i množství sedimentů u jednotlivých stromů. Proto se doporučuje rozdělit si oblast (pokud je plošně rozsáhlější) do několika menších lokalit. Snažíme se tedy vybírat skupiny stromů co nejvíce u sebe, bez větších odlišností, které by mohly výsledek zkreslit. Stromy by také měly být starší, aby byly eliminovány nepřesnosti výpočtu, ke kterým dochází u mladých jedinců. Sedimenty u mladších stromů ještě nejsou tak zhutněné (stlačené) a proto je u nich průměrná výška sedimentovaného materiálu v porovnání se staršími stromy relativně vyšší. Budeme-li do výpočtu přesto tyto stromy zahrnovat, vyjde nám průměrná dlouhodobá míra sedimentace vyšší. Jako nejpřesnější se jeví metoda, kdy jsou jednotlivé stromy rozděleny do skupin podle věkových kategorií a tím jsou mladší stromy odděleny od starších. Pro každou z těchto skupin se potom počítá míra sedimentace zvlášť.

Dalším důležitým krokem analýzy je odebrání vzorků dřeva, na kterých je pak patrná letokruhová kresba. Odběry provádíme Presslerovým nebozezem k určení přesného stáří jednotlivých stromů (opět nutné odebírat vzorky co nejblíže základně, kde by letokruhy měly být vyvinuty kompletně). Nejdůležitějším momentem je zjištění mocnosti sedimentů v okolí stromu. Je vždy lepší odečítat výšku usazenin dále od kmene (doporučuje se přibližně 1 až 1,5 m od základny stromu – eliminuje se tím vliv navýšení půdy v těsném okolí stromu). (Hupp C. R., Bazemore D. E., 1993).

Ted', když již známe stáří stromu i mocnost sedimentů v jeho nejbližším okolí, můžeme určit míru sedimentace (přepočtení výšky sedimentů na každý rok života stromu). Výsledná hodnota se udává v jednotce  $\text{cm} \cdot \text{rok}^{-1}$  (příp.  $\text{mm} \cdot \text{rok}^{-1}$ ).



Obr. 19: Zjednodušené schéma pohřbeného kmene. (Hupp C. R., Bazemore, D. E., 1993).



Obr. 20: Epizodické zanášení stromu sedimenty. Lokalita East Tennessee Basin. (Bryan B. A., Hupp C. R., 1984 in Hupp C. R., 1988).

Na Obr. 20 je velmi zjednodušeně naznačeno epizodické zanášení stromu akumulací materiálu přineseného povodněmi. Na obou obrázcích jsou vyznačeny výšky povrchů vztažených k výšce povrchu v době vyklíčení stromu (0 cm, rok 1981). Dynamika zanášení je zde naznačena pro tři (horní obrázek) a čtyři roky zanášení. Hodnoty přírůstku sedimentovaného materiálu jsou v tomto případě velmi vysoké, zpravidla bývá depozice řádově nižší.

Obrázek nahoře ukazuje tu vlastnost stromu, kdy do nově akumulovaného povrchu klíčí vedlejší kořínky z hlavního kmene. Stává se tak zpravidla do jednoho roku od depozice. Je-li epizodické zanášení každoroční, můžeme toto pučení pozorovat i u více akumulačních vrstev. Stáří jednotlivých kořínků lze pochopitelně také dendrochronologicky datovat, tudíž můžeme rok zanesení kmene určit poměrně přesně. Strom však může na částečné pohřbení svého kmene zareagovat i jinak. Může dojít i rozdělení základny a to převážně v případech, kdy byl strom při zanášení také nakloněn. Při silnějším proudu tekoucí vody je rozložení akumulovaného materiálu nerovnoměrné, strom se tedy nakloní od původní osy svého růstu – často ze směru naklonění dá odvadit i směr toku vody při povodni. Výhonky se potom objeví

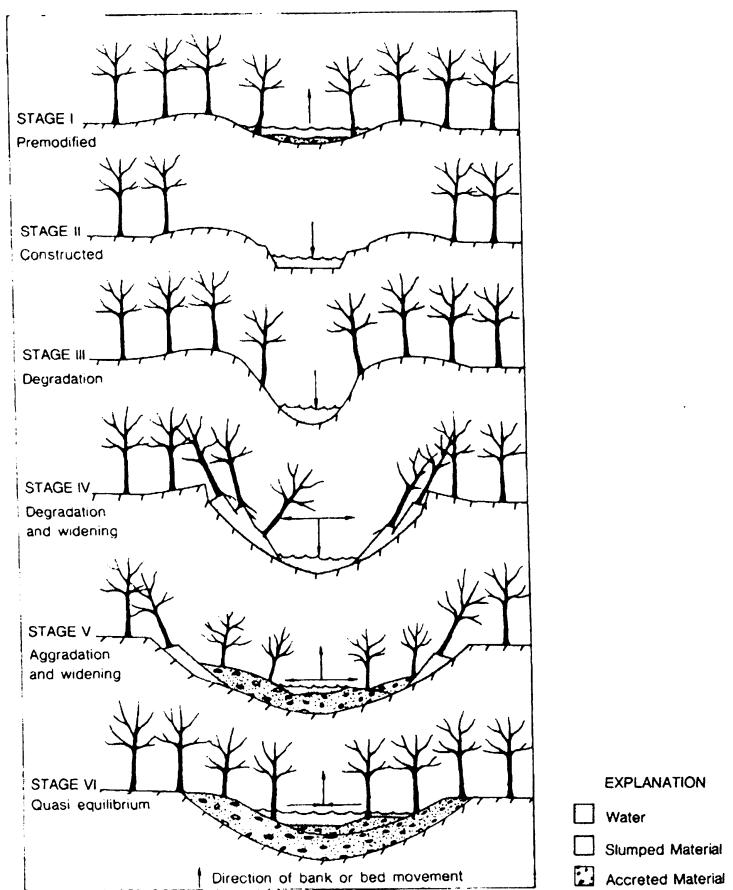
zpravidla do jednoho roku po události, strom se pokouší znovunabýt stability pro další růst. Jak ilustruje i spodní část Obr. 20, může jeden strom nést stopy i vícero geomorfologických událostí.

## 2.5 Vývoj říčního koryta

Dendrochronologické techniky nám dovolují zkoumat vývoj koryta řeky v čase. Dávají do souvislosti lokaci, čas, množství a míru ukládání břehových sedimentů. Aluviální procesy jsou dynamické geomorfologické prvky, naplaveninový povrch u břehů je formován hlavně depozicí materiálu z části koryta, kde dochází k jeho degradaci. Stádium vývoje koryta se pak dá odvodit z rozložení naplaveninového materiálu, který dále ovlivňuje rozvoj vegetace v oblasti. Koryto se v čase mění, nejprve převažují boční procesy formující tvar koryta, během vývoje se koryto stává nestabilním a více se zahlubuje a rozšiřuje. Významná je akumulace fluviálních sedimentů při dně i okrajích koryta. V závislosti na jejich rozložení se dále vyvíjí vegetace v charakteristickém uspořádání v závislosti na stupni vývoje koryta. S rozvojem naplaveninových povrchů při březích koryta s mírným sklonem dochází i ke změně tvaru údolnice, řeka začíná meandrovat, což je důležitý proces při formování říční nivy.

Při dendrogeomorfologických analýzách se dává do souvislosti vztušt a charakter vegetace s fází vývoje, v jaké se koryto nachází. Zkoumání vegetace a letokruhů poskytuje nástroj k determinaci hloubky sedimentů, intenzity jejich depozice s počátkem formování koryta. Odvodit se tedy dá i přibližný čas potřebný ke vzniku říční nivy od počátků formování stabilního koryta. Při analýzách využíváme opět metody založené na vztahování aktuální výšky povrchu k původní výšce, jaká byla v okolí stromu v čase jeho vyklíčení. Určíme tedy míru nánosů u většího počtu stromů (viz kapitola 2.4.2) a odvodíme mocnost usazenin na jednotlivých stanovištích.

Samotný vývoj koryta nemusí mít nutně kontinuální charakter, často je přerušován různými geomorfologickými procesy, které jeho vývoj brzdí či naopak urychlují. Pokud jsou překročeny určité prahové hodnoty, může další vývoj probíhat skokem, například eroze břehů koryta zasahující do rozvinuté břežní vegetace způsobí její zničení a tím je dále sama velmi urychlena, protože půda již není zpevněna rozvinutými kořenovými systémy. Nejdůležitějším krokem v samotné evoluci koryta je pak posun od vertikálních procesů formujících koryto (degradace a agradačce dna) k bočním procesům, tj. rozvoj meandrů.



Obr. 21: Šestifázový model vývoje koryta a charakteristické znaky vegetace. (Hupp C. R., Simon A., 1991). Šipky nad korytem ukazují směr degradace nebo agradace.

Posun režimu toku od degradace dna k agradaci podél břehů signalizuje počátek cyklu, kdy koryto znovunabývá ztracené stability. Spolu s tím se mění a obnovuje i vegetace na stanovišti. Procesy degradace mění svůj charakter a sílu s posunem na toku - postupně slábnou s pohybem po proudu až jsou vystřídány agradací sedimentů. Proti proudu řeky naopak agradace slabne a vyskytuje se již pouze lokálně. Když dno řeky začíná ukládat sedimenty i podél břehů a zpomaluje se tak jeho rozširování, formuje se další fáze vývoje koryta. Dochází zde ke změně trendu od procesů degradace a narušování porostů na břehu, které dominují ve fázích III respektive IV (viz Obr. 21) k bočním fluviálním procesům, které jsou důležitější ve stádiích V a VI. Boční procesy také podporují snižování sklonu toku a vzrůstá celková stabilita toku. Počátky meandrování (proudnice získává průběh sinusoidy)

jsou tedy patrné od fáze V. Mezi počátkem formování koryta toku a nástupem šesté vývojové fáze uplyne zpravidla 65 až 70 let (závisí to na lokálních podmínkách stanoviště).

Data získaná z analýzy letokruhů ukazují, že v raných až středních fázích stádia IV se vyvíjí pouze minimum rostlin a stromů. Jejich prudký nárůst je zaznamenán až ke konci IV. stádia, které už jeví známky nastupující fáze V, která trvá v průměru 50 let. Břežní vegetace se tedy může více formovat na stupni sedimentovaného materiálu. Narůstání břehů a rozvoj stromových porostů obnovuje přirozenou stabilitu břehů (zpevňují je rozvíjejícím se kořenovým systémem) a svědčí o počátečním stádiu obnovy prostředí v okolí rozvíjejícího se koryta. Dostatečně rozvinutý kořenový systém také pomáhá rostlinám čelit i menším disturbancím, kterým jsou vystaveny při vývoji koryta.

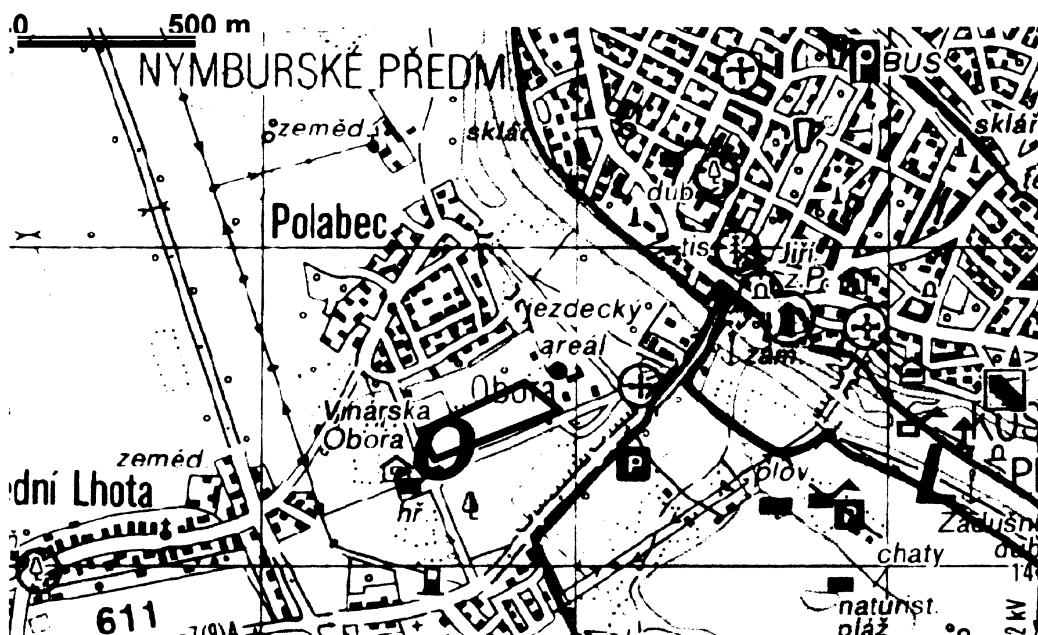
Výzkum ukázal, že sklon břehů, jejich tvar a charakteristika druhů rostoucích na agradowaných plochách je vesměs srovnatelný u různých toků a při zkoumání oblastí podél toků nám tyto charakteristiky pomohou určit i stádium vývoje, v jakém se koryto toku momentálně nachází.

### 3 Aplikace dendrochronologických metod na modelovém území

#### 3.1 Charakteristika území

Popisovaná oblast Polabec (část města Poděbrady) se nachází ve střední části Polabské nížiny. Celý okres Nymburk je jižní součástí České křídové pánve, přesněji jejího orografického celku Nymburská kotlina, která se dále člení na menší jednotky.

Nynější vzhled oblasti byl formován především mohutným tokem řeky Labe. V období křídy se zde nacházelo moře, které zanechalo v České křídové pánvi mohutné usazeniny jílovců a slínovců, základní podloží této krajiny. V coniaku (období svrchní křídy) moře z oblasti ustoupilo a povrch se stal souší. Nastává období denudace, jedinými novými usazeninami jsou říční terasy a eolické sedimenty – spraše a váté písky. Na tvorbě teras se podílely především Labe a Cidlina, na Labi bylo rozlišeno šest stupňů teras. Pátá terasa lemuje labskou nivu a její mocnost v Poděbradech je až 16 m. Jako šestá terasa jsou označovány pleistocenní a holocenní štěrky a písky vyplňující staré labské koryto. (Čmejlová J., 1982).



Obr. 22: Vytyčení zájmového území. Vyznačeno oranžovou hranicí. (KČT, 2000).

Oblast je řazena ke krajům středně až mírně suchým (Fořt M. et al., 1986), Tomášek (2003) ji charakterizuje jako okrsek teplý a mírně suchý. V rámci oblasti Nymburska a

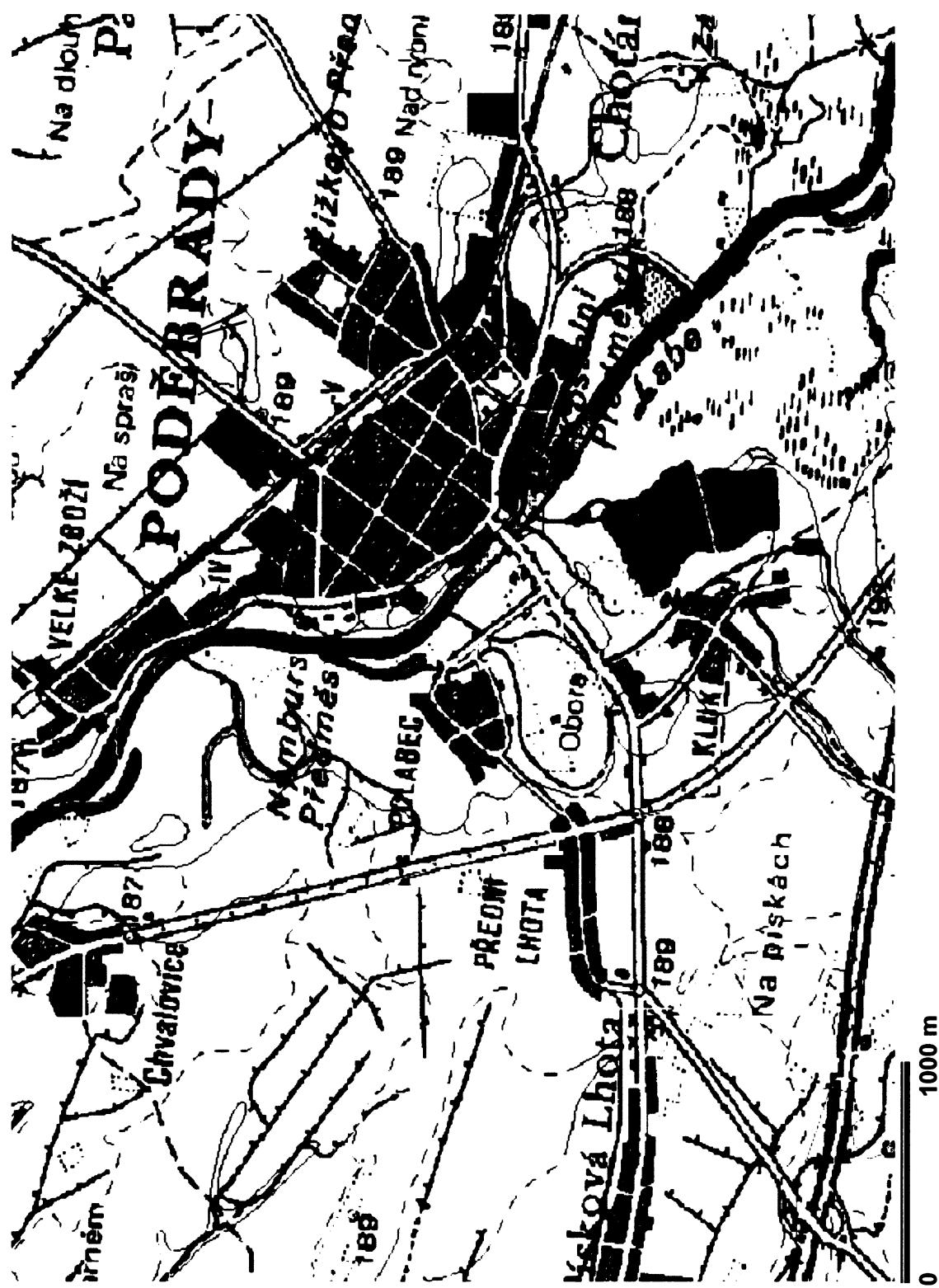
Poděbradska jsou minimální průměrné teploty (zimní i letní) právě v poříčních lokalitách. V popisované oblasti se projevuje přechod od klimatu mírně vlhkého ke kontinentálnímu. Průměrná roční teplota se pohybuje v rozmezí 8 až 9° C. Nejteplejším měsícem je srpen, většinou se stabilním počasím, i když teplotní maxima pocházejí z července. Podzim bývá charakterizován ustáleným pěkným počasím, které mnohdy trvá až do poloviny listopadu, kde bývá vystřídáno četnými srážkami, mlhami a prudkým ochlazením. (Fořt M. et al., 1986).

Při tvorbě jednotlivých typů půd hrály rozhodující úlohu nejen horniny starých geologických útvarů a eolické sedimenty, ale podložím jsou hlavně pleistocenní zvodnělé štěrkopísky, často o mocnosti několika desítek metrů, přikryté holocenními naplaveninami (povodňovými hlínami). Tok Labe sledují nivní půdy (tzv. fluvizemě či půdy zaplavovaných údolí), jak je to vidět i na Obr. 23. Pro nivní půdy je typické narušování procesu akumulace humusu záplavami, aluviální ukládání zemin, zvýšená hladina podzemní vody a její periodické kolísání v závislosti na průtocích v řece. Pro fluvizemě je charakteristické periodické zaplavování půdního povrchu, spojené s usazováním kalů a zemin bohatých na živiny (zejména báze, fosfor, dusík,...). Tvorba aluviálních sedimentů je tedy pedogeneticky velmi mladým procesem, počínajícím koncem mladší doby kamenné (neolit) vlivem osídlování a odlesňování nivních i podhorských oblastí a zorňováním niv ve spojitosti s oteplením klimatu a zvýšením množství srážek. Pro fluvizemě většinou neuvažujeme o klasických půdních horizontech, nýbrž vzhledem ke specifickým pedogenetickým procesům mluvíme spíše o zeminových vrstvách. Živinami a vláhou dobře zásobené půdy lužních lesů, v nichž probíhá rychlý rozklad odpadu a intenzivní koloběh látek, jsou přičinou nadprůměrně vysoké produkce a bujněho růstu lužní vegetace. (Machar I., 1998).

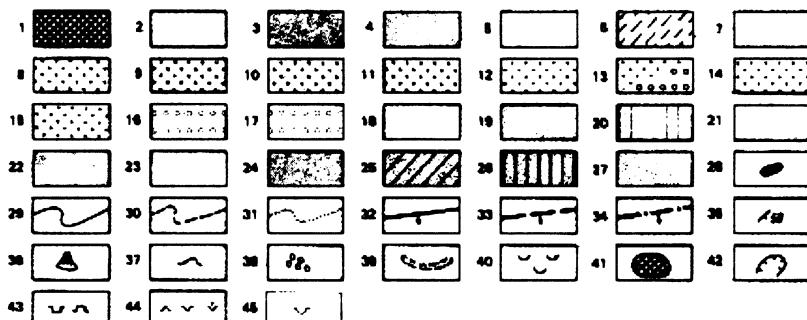
V mírných depresích, kde se dlouho drží voda, se nacházejí půdy glejové, zde je primárním faktorem jejich vzniku trvalé (nebo takřka trvalé) zamokření. Ve sledované oblasti se jedná o jižní část Polabeckého parku, oblast těsně u mostu vedoucího přes Labe. V této oblasti však nebyly pozorovány známky akumulace sedimentů u kmenů a proto tedy zkoumána nebyla (i kdyby pozorovány byly, tak by průzkum této oblasti byl velice ztížen stálou přítomností vody, která se zde drží již pět týdnů po opadnutí povodně – viz Obr. 27 a 28).



Obr. 23: Geologická mapa „1314 – Nymburk“ (výřez). <[www.cgu.cz](http://www.cgu.cz)>.

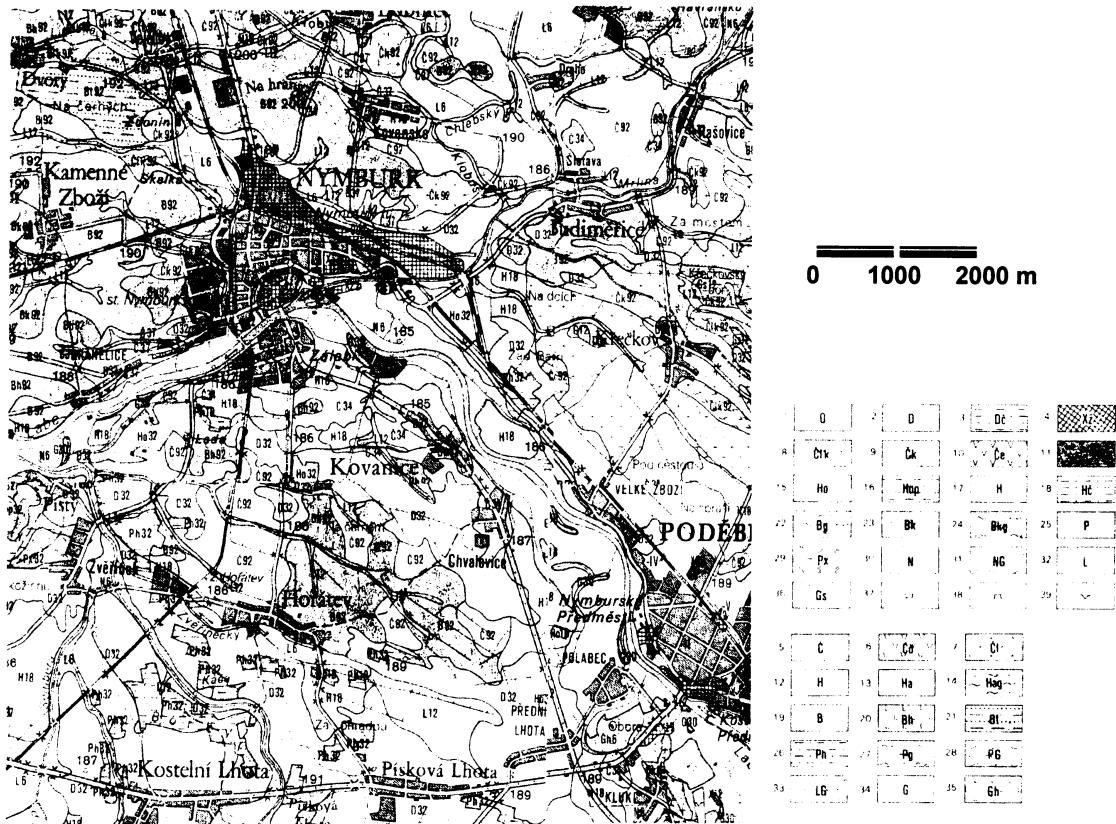


Obr. 24: Geologická mapa zájmového území. Detail z geologické mapy „1314 – Nymburk“. [www.cgu.cz](http://www.cgu.cz).



**KVARTÉR, holocén:** 1 - antropogenní uloženiny (navážky); 2 - hnědokalty; 3 - fluviální hliny, hnědité pisky až pískské; 4 - deluviofluviální písčité až hnědité pískské;  
**holocén - pleistocén:** 5 - deluvální hliny, písčité hliny až hnědité pískské;  
**pleistocén svrchní:** 6 - solickodeluvální sedimenty; 7 - spráše a sprášové hliny; 8 - naváté pískské; 9 - fluviální pískské a štěrkovité pískské (würm 2); 10 - uvalní pískské a štěrkovité pískské (würm 1); 11 - fluviální pískské a štěrkovité pískské (würm nerozlišeny);  
**pleistocén střední:** 12 - fluviální pískské, štěrkovité pískské až písčité štěrkové (rias 2); 13 - fluviální pískské a štěrkovité pískské (rias 1); 14 - fluviální pískské a štěrkovité pískské (mindel 2); 15 - fluviální pískské a štěrkovité pískské (mindel 1);  
**pleistocén spodní:** 16 - fluviální štěrkovité pískské a písčité štěrkové (günz 2); 17 - fluviální štěrkovité pískské a písčité štěrkové (günz 1); **pleistocén nerozlišeny:** 18 - fluviální pískské a štěrkovité pískské.  
**MEZOZOIKUM, křída, coniak - santon:** březenské souvrství; 19 - vápnité jílovce;  
**coniak:** rohačecké vrstvy; 20 - silnovec, místy silicifikované;  
**svrchní turon - coniak:** teplické souvrství; 21 - silnovec a vápnité jílovce;  
**střední - svrchní turon:** jizerské souvrství; 22 - silnovec, vápnité prachovce, vápnité jemnozrnné pískskovec;  
**spodní - střední turon:** bělohorské souvrství; 23 - silnovec výše až spongilitické, lokálně vápence, na bázi jílovce;  
**cenoman:** koryčanské vrstvy; 24 - pískskovec s polohami slepencu, níže prachovce a jílovce, lokálně vápence;  
**PROTEROZOIKUM, železnohorské proterozoikum:** 25 - muskovitické až biotitické břidlice (místy drobová); 26 - grafitická břidlice;  
**kutnohoráké krystalinikum, kutnohoráká skupina:** 27 - muskovit - biotitický migmatit se sillimanitem (místy s granátem) a čočkami erlánu až kvarcitu; 28 - amfibolit;  
29 - zjištěná hranice stratigrafických jednotek a hornin; 30 - předpokládaná hranice stratigrafických jednotek a hornin; 31 - předpokládaná hranice lithologického přechodu sedimentů; 32 - zlom ovlivěny s vyznačeným směrem úklonu zlomové plochy; 33 - zlom předpokládaný nebo neprovezené lokalizovány s vyznačeným směrem úklonu zlomové plochy; 34 - zlom zakrytý kvartérními sedimenty a s vyznačeným směrem úklonu zlomové plochy; 35 - směr a sklon vrstev s vyzářeným úhlem sklonu; 36 - výplavový kužel; 37 - plesypy navátých písksků; 38 - primés štěrku; 39 - staré suché říční rameno; 40 - sesuvy a sesuvná území; 41 - prostor vytěženého štěrkopisu z vody; 42 - těžební stěna; 43 - lom opuštěny; 44 - pískskovna v provozu, opuštěná, aplanovaná; 45 - hnědětě opuštěné.

Obr. 25: Legenda ke geologické mapě „1314 – Nymburk“. <[www.cgu.cz](http://www.cgu.cz)>.



**PUDNÍ JEDNOTKY.** V závorkách jsou uvedeny půdní jednotky podle klasifikace FAO: 1 - Q - pararendzina (Calcic Cambisol); 2 - D - arenosol (Arenosol); 3 - Dč - arenosol cernozemní (Humic Arenosol); 4 - Xž - antropogenní půda zavařkova (Urbic Anthrosol); 5 - C - černozem (Haplic Chernozem); 6 - Cd - černozem degradovaný (Luvic Chernozem); 7 - Cl - černozem lužní (Gleyic Chernozem); 18 - Člk - černozem lužní karbonatový (Calcic Gleyic Chernozem); 9 - Čk - černozem karbonátová (Calcic Chernozem); 10 - Če - černozem-erózní formy (eroded form of Chernozem); 11 - I - illimerizovaná půda (Albic Luvisol); 12 - H - hnědá půda (Eutric Cambisol); 13 - Ha - hnědá půda kysela (Dystric Cambisol at medium altitudes); 14 - Hag - hnědá půda kysela oglejená (Gleyic Cambisol); 15 - Ho - hnědá půda silně kysela (Dystric Cambisol at higher altitudes); 16 - Hop - hnědá půda silně kysela podzolovaná (Podzolic Cambisol); 17 - Hn - hnědá půda na písčích a štěrčích (Cambic Arenosol); 18 - Hc - hnědá půda na písčích a štěrčích černozemní (Humic Cambisol); 19 - B - pelosol (Vertic Cambisol); 20 - Bh - pelosol hnědý (Cambic Pellosol); 21 - Bl - pelosol tmavý (Humic Pellosol); 22 - Bg - pelosol oglejený (Gleyic Pellosol); 23 - Bk - pelosol karbonatový (Calcic Pellosol); 24 - Bkg - pelosol karbonatový oglejený (Calcic Gleyic Cambisol); 25 - P - podzol (Haplic Podzol); 26 - Ph - podzol humusový (Humic Podzol); 27 - Pg - podzol oglejený (Pseudogleyic Podzol); 28 - PG - podzol glejový (Gleyic Podzol); 29 - Px - podzol extrémní (distictly developed form of Podzol); 30 - N - nivní půda (Eutric Fluvisol); 31 - NG - nivní půda glejová (Gleyic Fluvisol); 32 - L - černice (Haplic Phaeozem); 33 - LG - černice glejová (Gleyic Phaeozem); 34 - G - glej (Eutric Gleysol); 35 - Gh - glej hnědý (Cambic Gleysol); 36 - Gs - semigley (Semigleysoil); 37 - lom opuštěný; 38 - lom v provozu; 39 - pískovny a štěrkovny opuštěné.  
**PUDOTVORNÉ SUBSTRATY:** 2 - zavařky; 6 - nivní uloženiny nekarbonátové střední; 12 - deluviofluvalní uloženiny nekarbonátové střední; 16 - terasové písky nekarbonátové; 18 - terasové štěrky nekarbonátové; 30 - sapropely; 32 - naváte písky nekarbonátové; 34 - hlinité spráše; 37 - polygenetické hliny karbonátové; 39 - polygenetické hliny kyselé; 79 - zvětraliny kyselých parahornin; 89 - zvětraliny opuk; 92 - zvětraliny slinu; 97 - zvětraliny břidlic a prachovců.

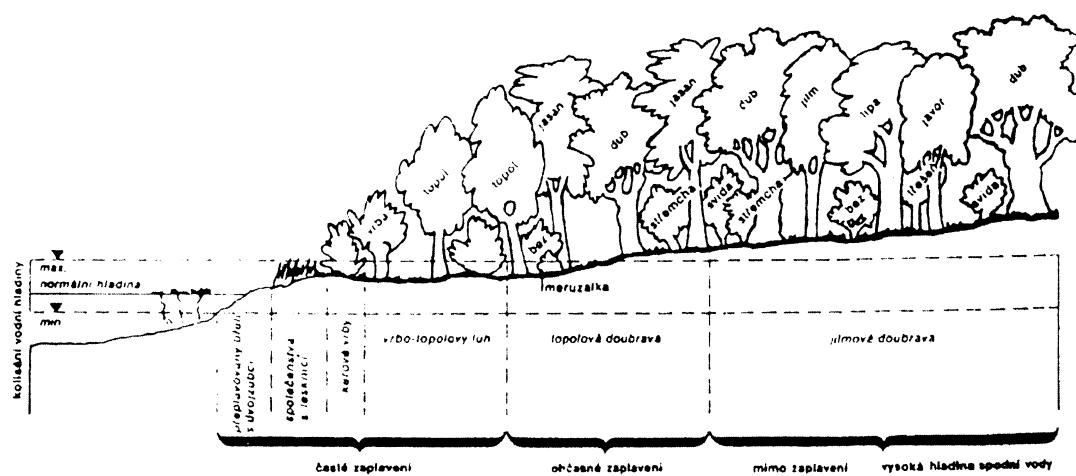
Příklad čtení dvojsubstrátu: 34 89 - hlinita sprás uložená na opuce  
 Příklad čtení půdne-substrátové jednotky: Čk 92 - černozem karbonatový uložený na slinu

Obr. 26: Půdy oblasti Nymburska až Poděbradska. (Tomášek M., 1995). Na mapě je dobře patrné rozšíření nivní půdy v okolí Labe. Polabec leží v říční nivě a je tedy často zasahován povodněmi různých rozsahů i intenzit (od dob regulace toku je dynamika povodní velmi narušena, ale i tak je jimi tato oblast poměrně často zasahována).

### **3.2 Labe a jeho nejbližší okolí**

Regulované Labe je hlavní osou oblasti a plošně nejrozsáhlejší souvislou vodní plochou ve Středním Polabí, s největší délkou břehové linie, podél níž jsou vhodné podmínky pro rozvoj vodní a břehové vegetace. Průměrná šíře řeky v oblasti je kolem 120 m, zejména v soustavě lužních lesů vytváří řeka řadu slepých ramen a bezodtokých vodních nádrží, které blahodárně působí na mikroklimatické podmínky v širokém pásu. (Fořt M. et al., 1986).

Rozsáhlé plochy zaujímala původně společenstva lužních lesů. V popisované oblasti se porost nachází (nesouvisle) po obou březích Labe. Podél toku se nachází také značné množství tůní (starých říčních ramen) a lesních luk. Slepá a mrtvá ramena vznikala v minulosti přirozené protržením meandrové šíje přírodního toku (zvláště při povodních), později odstavením meandrů při regulaci Labe. Mrtvé rameno postupně zarůstá vegetací, která (spolu s případným připlaveným materiélem při povodních) způsobuje jeho zazemňování. Postupně se vyštírádají společenstva vodních rostlin kořenujících ve dně, rostlin volně plovoucích, rákosiny a vysoké ostřicové porosty, do nichž postupně pronikají dřeviny a vyvíjí se mokřadní olšina – lesní společenstvo typické pro biotopy s hladinou vody po celý rok přibližně v úrovni povrchu půdy. Na náplavech s hlouběji položenou hladinou podzemní vody jsou pak vyvinuty samotné lužní lesy – jilmové doubravy. (Rydlo V., 1987). Ty se střídají s vlhkoumilnou topolovou doubravou. (Fořt M. et al., 1986).



Obr. 27: Schéma rozložení společenstev podél řek, jejich závislost na hladině půdní vody a občasných záplavách. (Podle Kříž J., Kubíková J., Strejček J. (1982) vytvořil Machar I., 1998).

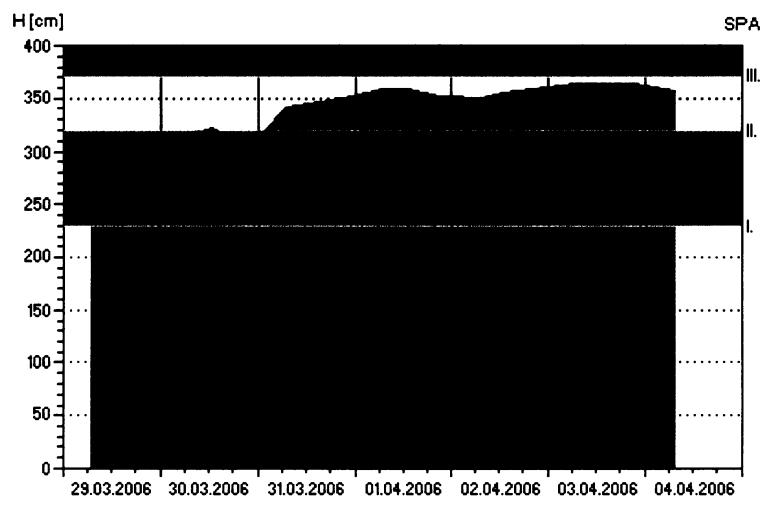
Přesto, že je celé Labe kanalizované, zůstaly zachovány nejdůležitější procesy ovlivňující dynamiku vodní vegetace. Je to hlavně přísun diaspor (rozmnožovacích částic – plodů, semen a jiných částí rostlin schopných dát vznik celé rostlině) hydrochronních (vodou se šířících) druhů vodním proudem, a to nejen z vlastní řeky, ale z rozsáhlé části povodí, které je v případě Labe na vodní druhy bohaté. Druhým důležitým faktorem (regulaci ale poněkud omezeným) je občasné narušování porostů vodní i břehové vegetace při zvýšeném průtoku a větší rychlosti vodního proudu; tím je uvolňován prostor, kde v klidném období s normálním průtokem mohou vyrostat rostliny z připlavených diaspor. Vzhledem k regulaci ale není destruktivní činnost vodního toku natolik silná, aby působila úplné zničení porostů těch druhů, které nejsou k životu v proudící vodě speciálně přizpůsobeny. (Rydlo V., 1990). Známky vyšších vodních stavů jsou patrné hlavně na stromech, jejichž letokruhová stavba odráží například výkyvy ve výšce vodní hladiny, případné epizodické zanášení kmenů sedimenty je dalším výrazným znakem častějších povodní.

Tak jako je značná část povodí zdrojem diaspor pro Labe a jeho břehy, je naopak Labe zdrojem diaspor pro stará ramena dosud propojená s řekou a v době záplav pro větší část nivy. Kromě vlastního koryta a břehů s výskytem druhů od vodních až po suchomilné zpravidla na Labe navazuje ještě užší či širší pruh polokulturních či přirozených společenstev. Většina přírodovědecky hodnotných území v Polabí navazuje na tok Labe a je jím funkčně i prostorově propojena. Pro břehy (mimo vodní sloupec za normálního stavu vody) jsou charakteristické keřové vrbiny, v horní části pak lužní les. (Rydlo V., 1990). Hlavními dřevinami jsou dub letní (*Quercus robur*), jasan ztepilý (*Fraxinus excelsior*), topol bílý (*Populus alba*), topol černý (*Populus nigra*), jilm habrolistý (*Ulmus glabra*), olše lepkavá (*Alnus glutinosa*), habr obecný (*Carpinus betulus*) a javory (*Acer*). V bylinném patře najdeme zejména typické zástupce jarního aspektu – plciň lékařský (*Pulmonaria officinalis*), česnáček lékařský (*Alliaria petiolata*), dymnivka dutá (*Corydalis cava*), sasanka pryskyřníkovitá (*Anemone ranunculoides*), kopřiva dvoudomá (*Urtica dioica*) a netýkavka malokvětá (*Impatiens parviflora*).

Tab. 3: N-leté průtoky na profilu č. 0800 „Nymburk“. <[www.chmi.cz/hydro/opv/index.html](http://www.chmi.cz/hydro/opv/index.html)>.

N	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>50</b>	<b>100</b>
N-letý průtok ( $m^3 \cdot s^{-1}$ )	350	460	612	731	854	1020	1150

(Jedná se o aktualizované N-leté průtoky z publikace „Hydrologické charakteristiky vybraných vodoměrných stanic České republiky“, kterou vydal ČHMÚ v r. 1996. Aktualizace byla provedena na základě výskytu extrémních povodní, zvláště z července 1997 a srpna 2002, a dále s ohledem na výsledky různých hydrologických studií.)



Obr. 28: Vodní stav na profilu č. 0800 „Nymburk“ při jarních povodních 2006.  
<[www.pla.cz](http://www.pla.cz)>. (SPA = stupeň povodňové aktivity).



Obr. 29: Letecký pohled na zaplavenou oblast Polabce. Barevně je vyznačeno zkoumané území. Snímek pořízen 1. dubna 2006. <[www.mesto-podebrady.cz](http://www.mesto-podebrady.cz)>.

### 3.3 Aplikace dendrochronologických metod na vybraném území

Akumulace sedimentů v zájmové oblasti v části Poděbrad Polabec je výsledkem převážně zvýšeného stavu vody na řece Labe. Ačkoli většina říční nivy mezi městy Nymburk a Poděbrady je zaplavována velmi zřídka, zde dochází k rozlivům poměrně často. Také v letošním roce (konec března až začátek dubna) byla tato oblast zaplavena, což velmi ztížilo terénní průzkum oblasti pro potřeby práce i samotný odběr vzorků. Stromy byly ještě dlouho po opadnutí hladiny vody velmi nasáklé vodou a proto bylo vrtání jejich kmenů velmi obtížné. Podrobnou letokruhovou analýzu by bylo vhodné zhotovit příští rok, kdy už se anomálie buněk způsobené letošní povodní zapíší do vnitřní anatomie kmene.



Obr. 30: Polabec měsic po povodni (foceno 29. dubna 2006). V mírné depresi se stále drží voda. Místo výskytu glejových půd. (Vlastní archiv).



Obr. 31: Polabec 5 týdnů po povodni. 5. května 2006. (Vlastní archiv).

Co se týká druhového složení stromů na stanovišti, tak převažují lípy srdčité (*Tilia cordata*) (uměle vysazené člověkem), které byly také použity k dendrochronologickým analýzám. Dle tabulky ITRDB, kde jsou uvedeny indexy CDI charakterizující vhodnost jednotlivých dřevin pro využití v dendrochronologii, spadají tyto stromy do skupiny dřevin s hodnotou CDI 1, což jsou druhy vhodné k datování a korelaci vzorků ze stromů rostoucích na jednom místě menší rozlohy – druhy vhodné pro interpretaci lokálních podmínek stanoviště.

Vzhledem k tomu, že oblast byla ještě 5 týdnů po povodni částečně pod vodou (kolem 15 cm), byla oblast vhodná pro odběr vzorků velmi zúžená. Deset zkoumaných stromů muselo tedy být zvoleno v mírně vyvýšených polohách hlavně podél cesty v parku. Byly zvoleny stromy ve věku od 33 do 48 let. Další stromy, které by k dendrochronologickým analýzám byly vhodné, měly průměr kmene větší, než bylo možné Presslerovým nebozezem navrtat až k samému středu. Mocnost sedimentů uložených u pat kmenů se pohybovala u všech sledovaných stromů okolo 20 cm (přesněji 19 až 23 cm). Spočítáme-li průměrné hodnoty míry sedimentace, obdržíme hodnoty v rozmezí 0,42 až 0,61 cm . rok<sup>-1</sup>. Celková průměrná míra sedimentace u všech deseti stromů se rovná **0,55 cm . rok<sup>-1</sup>**. Hodnoty výšky nánosů u mladších stromů jsou zpravidla trochu vyšší v porovnání s očekávanou hodnotou ve vztahu ke starším stromům, materiály u jejich základen ještě nejsou dostatečně sesednuté a tím pádem jsou méně stlačené než u starších stromů. Tento fakt je nutno zohlednit při zkoumání lokality s více diferencovaným věkovým složením, což není otázka vybraných deseti stromů, jejichž věk není až tak rozdílný (maximálně 15 let). Samozřejmě se v oblasti nacházely i stromy starší, ale z výše popsaných důvodů nemohly být do průzkumu zahrnuty. Měření mocnosti usazeného materiálu bylo provedeno pomocí úzké kovové tyče, která byla zapichována do země v oblastech hlavních kořenů, přibližně 1 m od kmene. Vzhledem k tomu, že se jedná o park, nemohly být provedeny výkopy ke kořenům (což je i mnohem pracnější a méně přesná metoda).

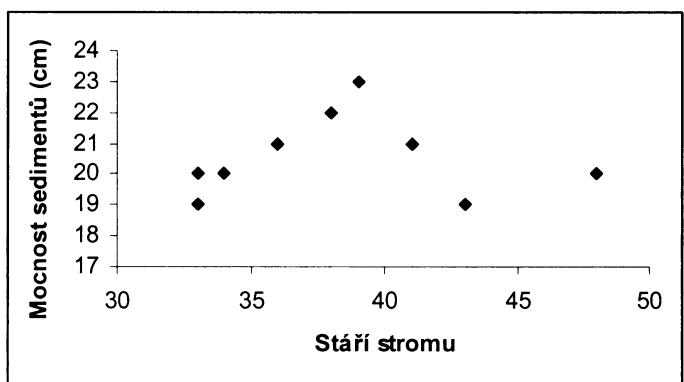


Obr. 32: Poloha některých zkoumaných stromů. (Vlastní archiv).

Tab. 4: Zjištěné hodnoty pro výpočet míry sedimentace u deseti zkoumaných stromů.

Mocnost sedimentů (cm)	Stáří stromu	Míra sedimentace (cm . rok <sup>-1</sup> )
23	39	0,59
20	33	0,61
20	33	0,61
20	48	0,42
21	41	0,51
22	38	0,58
19	43	0,44
20	34	0,59
21	36	0,58
19	33	0,58
Prům. míra sedimentace		<b>0,55</b>

Zdroj: vlastní měření



Obr. 33: Mocnost sedimentů u různě starých stromů. (Zdroj: Tab. 4).

## 4 Závěr

Práce „Využití dendrochronologických metod při sledování erozních a akumulačních jevů“ se zabývá aplikací dendrochronologických metod v geomorfologickém výzkumu. Ačkoliv není využívání dendrogeomorfologických metod v Česku příliš rozšířené (a tudiž se o nich příliš neví), ve USA či například v Německu je tomu naopak. V poslední době začaly být využívané jako techniky geomorfologického průzkumu (převážně sledování eroze a akumulace), zpravidla jsou však kombinované s jinými metodami výzkumu. Jejich největší předností je jejich přesnost, jednoduchost (terénní výzkum i vyhodnocování získaných dat) a možnost sledovat vývoj vegetace i v horizontu desítek až stovek let, v závislosti na věku analyzovaných stromů či dřevěných trámů.

Více rozšířené je využití metod dendrochronologických, které se používají k analýzám dřeva zpravidla již mrtvého. Odebírají se vzorky z trámů starých domů, dřevo z rámů obrazů apod. a výsledky těchto analýz slouží zpravidla vědcům zabývajícím se historií či archeologií. Pro tyto potřeby jsou vypracovány letokruhové řady typické pro jednotlivé druhy stromů a zeměpisné šířky. To je základem tzv. standardní dendrochronologie, které se dále využívá při křížovém mapování.

Na základě rešerše literatury byly metody pro určování míry akumulace sedimentů aplikovány na území v oblasti Polabec ve městě Poděbrady. Materiál je zde akumulován především rozzivem vody řeky Labe, ke kterému dochází v této oblasti poměrně často. Terénní průzkum spočíval hlavně v odběrech vzorků dřeva stromů v zaplavované oblasti k určení stáří stromů a byla také určena výšky nově akumulovaného povrchu u vybraných deseti stromů. Stromy na stanovišti byly staré od 33 do 48 let a mocnost materiálu pohybujícího jejich kmeny byla průměrně 20,5 cm. Průměrná míra akumulace sedimentů v této oblasti má pak hodnotu  $0,55 \text{ cm} \cdot \text{rok}^{-1}$ . Vzhledem k nižšímu počtu zkoumaných stromů není přesnost výpočtu úplně spolehlivá, k detailnější analýze by bylo vhodnější zvolit lokalitu většího rozsahu se stromy více věkových kategorií. Také odečítání věku stromů z odebraných vzorků není pravděpodobně přesné vzhledem k malým zkušenostem s touto analýzou. Při rozborech struktury dřeva pomocí mikroskopické techniky by se daly na stavbě letokruhů pozorovat i anomálie ve velikosti buněk v důsledku povodní. Tento typ výzkumu spolu s podrobnějšími a přesnějšími dendrochronologickými analýzami se pravděpodobně stane předmětem navazující diplomové práce.

## 5 Seznam použité literatury

### 5.1 Knihy a časopisy

1. BANFI, C., CONSOLINO, F. *Stromy*. Praha: Ikar: Knižní klub, 2001. 223 s.
2. BRIDGE, J. S. *Rivers and floodplain: forms, processes, and sedimentary records*. Malden: Blackwell Publishing, 2003. 491 s.
3. BRYAN, B. A., HUPP, C. R. Dendrogeomorphic evidence of channel morphology changes in an east Tennessee coal area stream. *EOS, Trans., Am. Geophys. Union* 65, 1984, s. 891.
4. ČMEJLOVÁ, J. et al. *Příroda Nymburska a její ochrana*. Poděbrady: Středisko státní památkové péče a ochrany přírody Středočeského kraje, 1982. 94 s.
5. DAŇHELKOVÁ, J. *Dendrogeomorfologický výzkum sesuvného území u obce Čeřeniště, okres Ústí nad Labem*. Praha, 1999. 94 s. Diplomová práce na Přírodovědecké fakultě Univerzity Karlovy na katedře fyzické geografie a geoekologie. Vedoucí diplomové práce RNDr. Zdeněk Kliment, CSc. a doc. RNDr. Vít Vilímek, CSc.
6. Dendrochronologie. *ABC*, 1996, no. 5/41. s. d13-d14.
7. FOŘT, M., VÁCHA, P., ZIEGLER, V. *Poděbrady a okolí*. Praha: Středočeské nakladatelství a knihkupectví, 1986. 152 s.
8. HUPP, C. R. Riparian Vegetation Recovery Patterns Following Stream Channelization: A Geomorphic Perspective. *Ecology*, 1992, vol. 73(4), s. 1209-1226.
9. HUPP, C. R. Plant Ecological Aspects of Flood Geomorphology and Paleoflood History. *Flood Geomorphology*, 1988, s. 335-356.
10. HUPP, C. R. Dendrogeomorphic Evidence of Debris Flow Frequency and Magnitude at Mount Shasta, California. *Environ. Geol. Water Sci*, 1984, vol. 6, no. 2, s. 121-128.
11. HUPP, C. R., BAZEMORE, D. E. Temporal and Spatial patterns of Wetland Sedimentation, West Tennessee. *Journal of Hydrology*, 1993, 141, s. 179-194.
12. HUPP, C. R., CAREY, W. P. Dendrogeomorphic Approach to Estimating Slope Retreat, Maxey Flats, Kentucky. *Geology*, July 1990, vol. 18, s. 658-661.

13. HUPP, C. R., MORRIS, E. E. A Dendrogeomorphic Approach to Measurement of Sedimentation in a Forested Wetland, Black Swamp, Arkansas. *Wetlands*, 1990, vol. 10, no. 1, s.107-124.
14. HUPP, C. R., SIGAFOOS, R. S. Plant Growth and Block-Field Movement in Virginia. In Swenson et al.: *Sediments Budgets and Routing in Forested Drainage Basins*, August 1982, s. 78-85.
15. HUPP, C. R., SIMON, A. Bank Accretion and the Developement of Vegetated Depositional Surfaces along Modofied Alluvial Channels. *Geomorphology*, 1991, vol. 4, s. 111-124.
16. HUPP, C. R., WOODSIDE, M. D., YANOSKY, T. M. Sediment and Trace Element Trapping in Forested Wetland, Chickahominy River, Virginia. *Wetlands*, June 1993, vol. 13, no. 2, s. 95-104.
17. INOUE, M., NAKAGOSHI, N. Landscape changes of floodplain vegetation by naturalized plants in southwestern Japan. In *Nature and Culture in Landscape Ecology (Expierences for the 3<sup>rd</sup> Millenium)*, 1999, s. 211-219.
18. KAENNEL, M., SCHWEINGRUBER, F. H. *Multilingual Glossary of Dendrochronology: terms and definitions in English, German, French, Spanish, Italian, Portuguese and Russian*. Birmensdorf: Swiss Federal Institutre for Forest, Snow and Landscape Research, 1995. 467 s.
19. KAMADA, M., OSABE, K., KOTERA, I. Influencing factors on distributional changes in trees and land-use types in the Yoshino River, Shikoku, Japan. *Study of Environmental System*, 1997, vol. 25, s. 287-294.
20. KŘÍŽ J., KUBÍKOVÁ J., STREJČEK, J. *Chránime naši přírodu*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1983. 425 s.
21. KUKAL, Z. *Přírodní katastrofy*. Brno: Horizont ČSAV, 1983. 264 s.
22. KYNCL, J., KYNCL, T. Principy dendrochronologie. *Živa*, 2002, no. 6, s. 249-252.
23. LIPSKÝ, Z. *Sledování změn v kulturní krajině*. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 1999. 71 s.

24. MACHAR, I. *Ochrana lužních lesů a olšin*. Praha: Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, 1998. 32 s.
25. PHIPPS, R. L. Collection, Preparing, Crossdating, and Measuring Tree Increment Cores. *U. S. Geological Survey, Water-Resources Investigations Report 85-4148*, 1985, 48 s.
26. RYDLO, J. Labe – Význačný biotop vodní a pobřežní vegetace ve středním Polabí. In *Polabská příroda 3. Sborník příspěvků aktivity státní ochrany přírody a Českého svazu ochránců přírody okresu Nymburk*. Nymburk: Odbor kultury ONV, 1990. s. 7-10.
27. RYDLO, J. Chráněný přírodní výtvor Libický luh. In *Polabská příroda 1. Sborník příspěvků aktivity státní ochrany přírody a Českého svazu ochránců přírody okresu Nymburk*. Nymburk: Odbor kultury ONV, 1987. s. 18-20.
28. SANDERS, I. YOUNG A. Rates of surface processes on slopes, slope retreat and denudation. *Earth Surface Processes and Landforms*. 1983, vol. 8, s. 473-501.
29. SCHRODER, J. F. Jr., BUTLER, D. R. Tree-ring analysis in earth sciences. In *Proceedings, International Symposium of Ecological Aspect of Tree Ring Analysis, New York*. Washington D. C.: U. S. Department of Energy, 1986. s. 186-212.
30. SKLENIČKA, P. *Základy krajinného plánování*. Praha: Nakladatelství Naděžda Skleničková, 2003. 321 s.
31. TOMÁŠEK, P. *Půdy České republiky*. Praha: Česká geologická služba, 2003. 68 s.
32. YANOSKY, T. M. Documentation of High Summer Flows on Potomac River from the Wood Anatomy of Ash Trees. *Water Resources Bulletin*, April 1984, vol. 20, no. 2, s. 241-250.
33. YANOSKY, T. M. Effect of Flooding Upon Woody Vegetation along Parts of the Potomac River Flood Plain. *Geological Survey Professional Paper 1206*, 1982, 21 s.
34. ZÁRUBA, Q., MENCL, V. *Sesuvy a zabezpečování svahů*. Praha: Academia, 1987. 340 s.

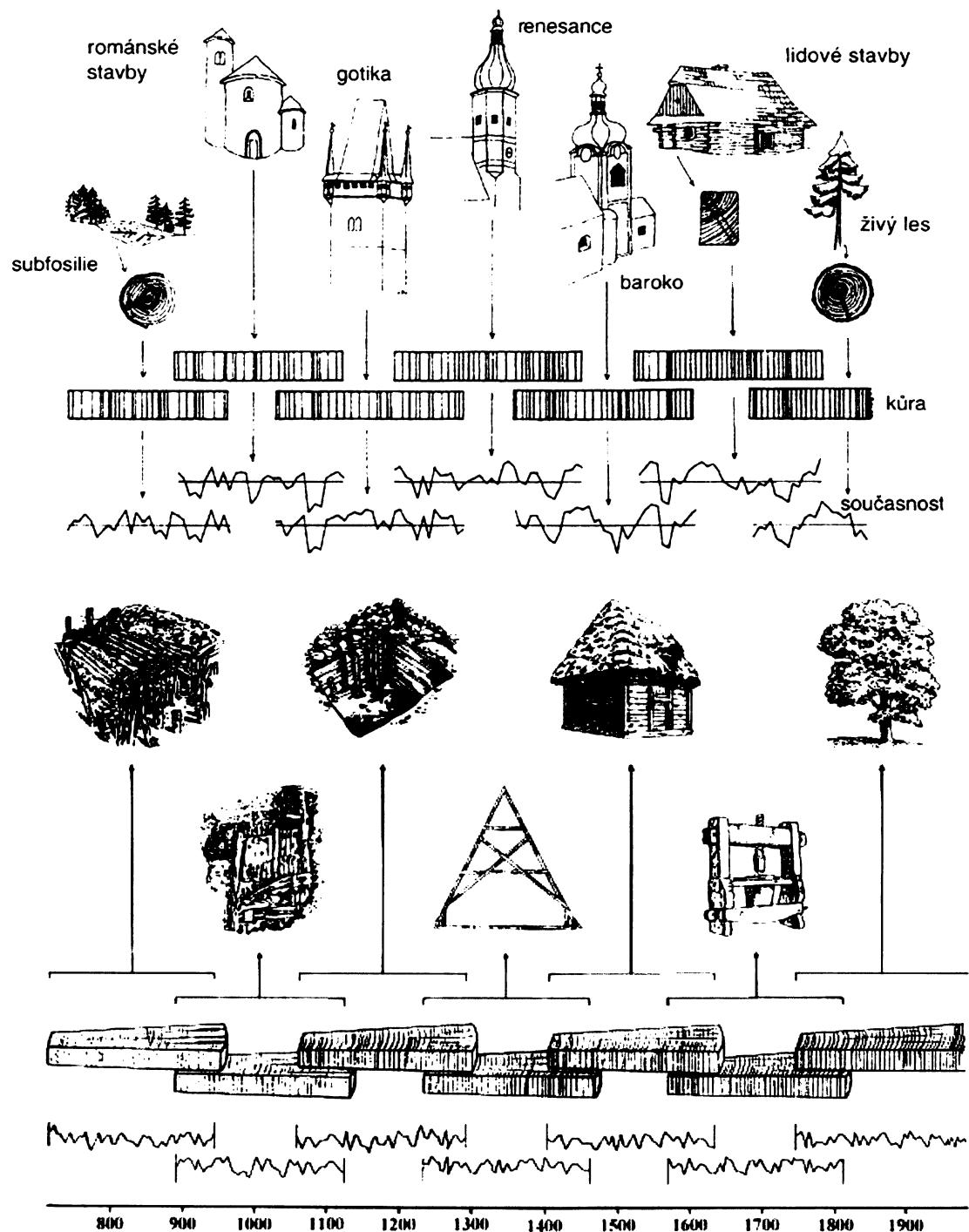
## **5.2 Internetové zdroje**

1. *Botanický ústav Akademie věd České republiky* [online]. c2006, [cit. 2006-04-17].  
[<www.ibot.cas.cz>](http://www.ibot.cas.cz).
2. *Český hydrometeorologický ústav – úsek hydrologie* [online]. c1997, [cit. 2006-04-04].  
[<www.chmi.cz/hydro >](http://www.chmi.cz/hydro).
3. *Dendrochronologie* [online]. c2003, [cit. 2006-01-15]. [<www.dendrochronologie.cz>](http://www.dendrochronologie.cz).
4. Laboratoř archeobotaniky a paleoekologie (Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Biologická fakulta, katedra botaniky) [online]. c2006, [cit. 2006-05-07].  
[<http://lape.bf.jcu.cz/dendro.html>](http://lape.bf.jcu.cz/dendro.html).
5. *Oxford Dendrochronology Laboratory* [online]. c2005, [cit. 2006-01-22].  
[<www.dendrochronology.com>](http://www.dendrochronology.com).
6. *Poděbrady* [online]. c2005, [cit. 2006-04-10]. [<www.mesto-podebrady.cz>](http://www.mesto-podebrady.cz).
7. *Povodí Labe* [online]. c2000-2006, [cit. 2006-04-04]. [<www.pla.cz >](http://www.pla.cz).
8. *Přírodovědecká fakulta Masarykovy univerzity v Brně* [online]. c2004, [cit. 2005-12-15].  
[<www.sci.muni.cz/~anatomy>](http://www.sci.muni.cz/~anatomy).
9. *Ústav nauky o dřevě* [online]. c2005, [cit. 2006-03-09]. [<http://wood.mendelu.cz>](http://wood.mendelu.cz).
10. VELINSKÝ, F. Co skrývají letokruhy? 21. století [online]. c2003, [cit. 2005-12-09].  
Dostupné z [<http://www.21stoleti.cz/view.php?cisloclanku=2003122104>](http://www.21stoleti.cz/view.php?cisloclanku=2003122104).
11. VOTRUBOVÁ, O., OPATRNÁ, J., BENEŠ, K. Základní slovník rostlinné anatomie. *Živa* [online]. 2001, no. 1-6. [cit. 2005-12-12]. Dostupné z [<http://kfrserver.natur.cuni.cz>](http://kfrserver.natur.cuni.cz).

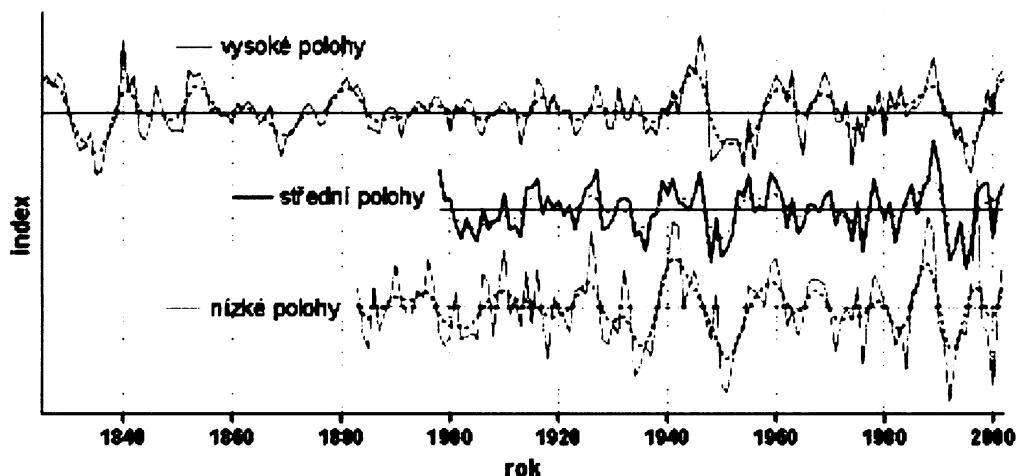
### **5.3 Mapové podklady**

1. data ZABAGED poskytnuta Zeměměřickým úřadem dne 18.4.2004. Listy 13-14-06, 13-14-07, 13-14-12, 13-14-13. Formát .dgn.
2. Geologická mapa ČR. c2004, [cit. 2006-05-10]. <[www.cgu.cz](http://www.cgu.cz)>.
3. *Mapy.cz*. c1996-2006, [cit. 2006-03-19]. <[www.mapy.cz](http://www.mapy.cz)>.
4. TOMÁŠEK, Milan. *Půdní mapa ČR*. Měřítko 1: 50 000 (kartografický dokument). List 13-14 Nymburk. Sestavil a vydal Český geologický ústav; Red. listu M. Tomášek. Praha: Český geologický ústav, 1995.
5. *Turistická mapa Kolínsko a Kutnohorsko*. Měřítko 1 : 50 000 (kartografický dokument). Vydal Klub českých turistů, 2000.

Příloha 1: Princip křížového datování. <[www.dendrochronologie.cz/standard](http://www.dendrochronologie.cz/standard)>.



Příloha 2: Příklad lokální chronologie. Zde z oblasti Šumavy a podhůří (500 – 1300 m n. m., *Picea abies*). <<http://lape.bf.jcu.cz/dendro.html>>.



Příloha 3: Korazní jizva, oblast „Zátiší“, Nymburk. (Vlastní archiv).



Příloha 4: Povodeň v Poděbradech, 1. dubna 2006. <[www.mesto-podebrady.cz](http://www.mesto-podebrady.cz)>.



Příloha 5: Povodeň v Polabci, 1. dubna 2006. (Vlastní archiv).



Příloha 6: Záznam historických povodní na pilíři poděbradského mostu. (Vlastní archiv).

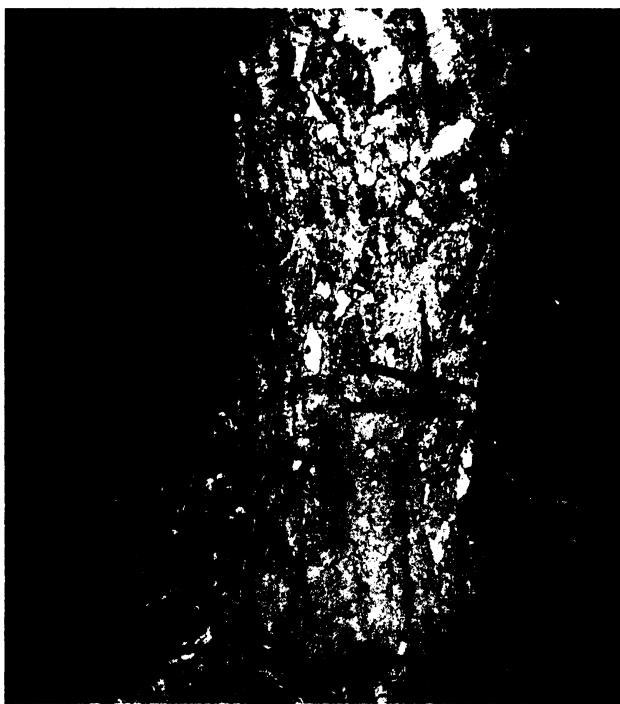


Výška vody 1.4.2006

Příloha 7: Materiál přinesený do lužního lesa rozlitým Labem, 29. dubna 2006. (Vlastní archiv).



Příloha 8: Odběr vzorku dřeva z kmene nasáklého vodou, bříza bradavičnatá (*Betula pendula*). Polabec, 29. dubna 2006. (Vlastní archiv).



Příloha 9: Detail vody vytékající z kmene po vyjmutí vrtáku. (Vlastní archiv).

